Física e Química A – 10º Ano

Física

Caderno de EXERCÍCIOS e PROBLEMAS

10 F

RESUMOS

QUESTÕES

QUESTÕES LABORATORIAIS

QUESTÕES GLOBAIS

SOLUÇÕES DETALHADAS

Graça Ventura
Manuel Fiolhais
Carlos Fiolhais

Texto

ÍNDICE

1 Energia e sua conservação

1.1 Energia e movimentos

O essencial 4

+Questões

1.1.1 e 1.1.2 Tipos fundamentais de energia. Sistema mecânico redutível a uma partícula 5

1.1.3 e 1.1.4 Trabalho realizado por uma força constante. Trabalho realizado pelo peso 6

1.1.5 Teorema da Energia Cinética 7

1.1.6, 1.1.7 e 1.1.8 Forças conservativas e sistemas conservativos 8

1.1.9 Forças não conservativas e sistemas não conservativos 13

1.1.10 Potência e rendimento 16

Atividades laboratoriais 16

Questões globais 20

1.2 Energia e fenómenos elétricos

O essencial 28

+Questões

1.2.1 Energia e correntes elétricas

1.2.2 Grandezas elétricas: diferença de potencial elétrico e corrente elétrica. Corrente contínua e corrente alternada 29

1.2.3 Grandezas elétricas: resistência elétrica de um condutor 30

1.2.4 Energia transferida para um componente de um circuito elétrico. Efeito Joule 32

1.2.5 Características de um gerador de tensão contínua. Balanço energético num circuito 34

1.2.6 Associações de componentes elétricos em série e em paralelo 36

Atividades laboratoriais 40

Questões globais 42

1.3 Energia, fenómenos térmicos e radiação

O essencial 50

+Questões

1.3.1 Sistema termodinâmico. Sistema isolado 51

1.3.2 Temperatura, equilíbrio térmico e escalas de temperatura 51

1.3.3 Transferências de energia por calor 52

1.3.4 Radiação e irradiância. Painéis fotovoltaicos 52

1.3.5 Condução térmica

1.3.6 Convecção térmica

1.3.7 Transferências de energia como calor num coletor solar 55

1.3.8 Aquecimento e arrefecimento de sistemas: capacidade térmica mássica 56

1.3.9 Aquecimento e mudanças de estado: variação das entalpias de fusão e de vaporização 59

1.3.10 Primeira Lei da Termodinâmica: transferências de energia e conservação da energia

1.3.11 Segunda Lei da Termodinâmica: degradação da energia e rendimento 61

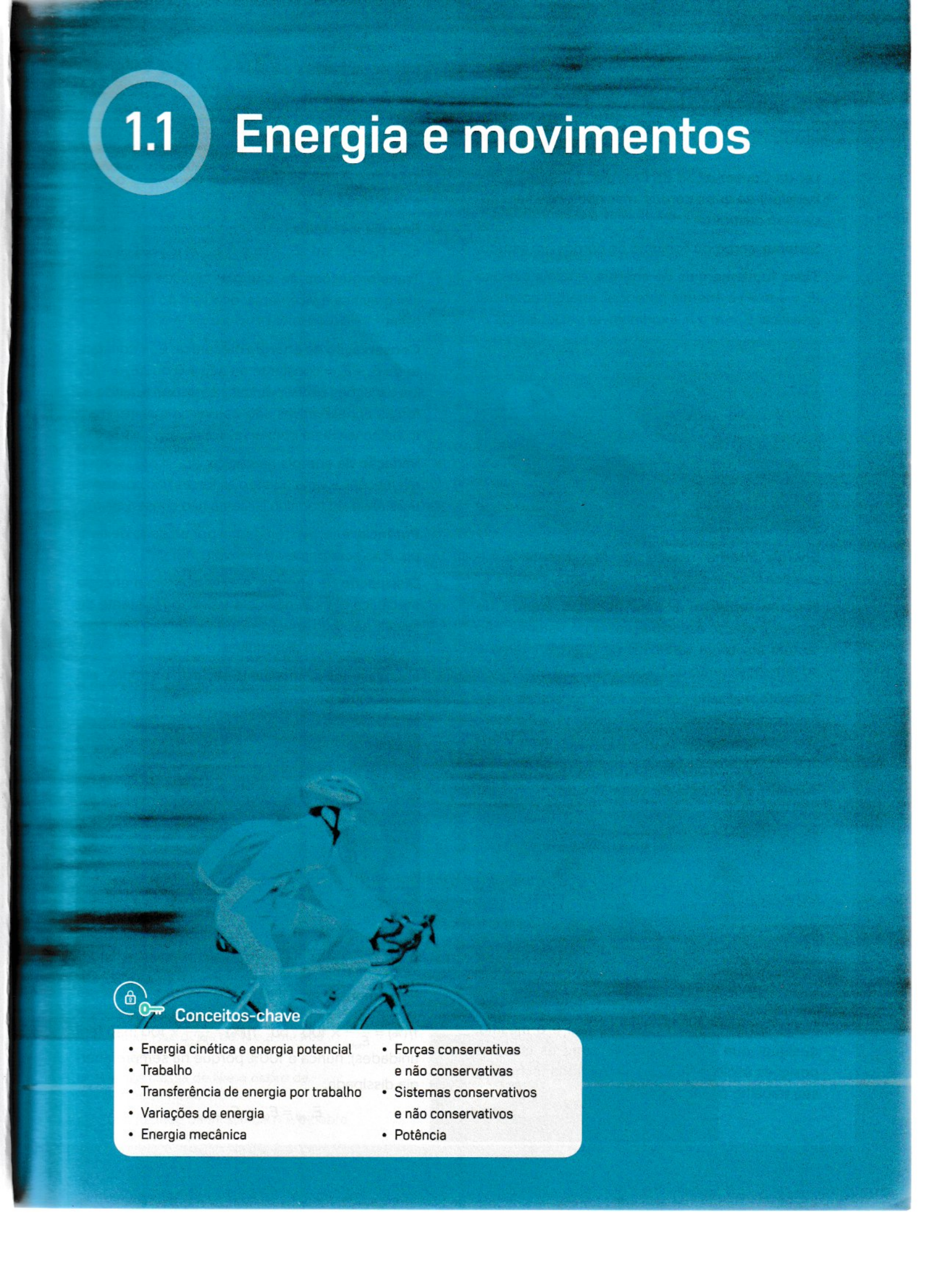
Atividades laboratoriais 63

Questões globais 66

Respostas 75

E Exercícios adaptados de exame.

1.1 Energia e movimentos



Conceitos-chave

- Energia cinética e energia potencial
- Trabalho
- Transferência de energia por trabalho
- Variações de energia
- Energia mecânica
- Forças conservativas e não conservativas
- Sistemas conservativos e não conservativos
- Potência

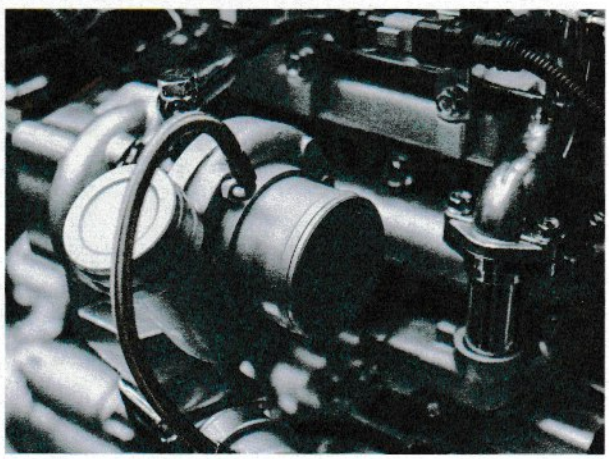
O ESSENCIAL

- **Lei da Conservação da Energia**: a energia pode transferir-se entre corpos, mas não pode ser criada nem destruída.
- **Sistema**: corpo ou conjunto de corpos em estudo.
- **Tipos fundamentais de energia**: energia cinética ($E_c = \frac{1}{2} m v^2$) e energia potencial; energia potencial gravítica: $E_p = m g h$. Exprimem-se em joules (J).

- **Energia interna**: resulta da energia potencial e cinética interna das partículas de um sistema.
- **Sistema redutível a uma partícula** (centro de massa, a que se associa a massa do sistema): não se têm em conta variações de energia interna e só tem movimento de translação.
- **Trabalho realizado por uma força constante**: energia transferida por ação de uma força; $W_{\vec{F}} = F d \cos\alpha$; $W > 0$ (trabalho potente), $W = 0$ (trabalho nulo), $W < 0$ (trabalho resistente). Exprime-se em joules (J).
- **Teorema da Energia Cinética**: $W = \Delta E_c$.

- **Força conservativa**: o seu trabalho é o mesmo, qualquer que seja a trajetória entre as mesmas posições inicial e final; numa trajetória fechada o seu trabalho é nulo.
- **Trabalho realizado pelo peso**: $W_{\vec{P}} = -\Delta E_p$; o peso é uma força conservativa.
- **Energia mecânica**:
  $E_m = E_p + E_c$ ou $E_m = m g h + \frac{1}{2} m v^2$
- **Transformações de energia**: cinética em potencial gravítica e vice-versa; ocorrem no mesmo sistema.
- **Conservação da energia mecânica**: E_m = constante ou $E_c + E_p$ = constante ou $\Delta E_m = 0$ ou $\Delta E_p = -\Delta E_c$ (as variações são simétricas): só ocorre quando as forças conservativas são as únicas que realizam trabalho (sistema conservativo).
- **Variação da energia mecânica**: $W_{fnc} = \Delta E_m$; a energia mecânica varia quando as forças não conservativas realizam trabalho (sistema não conservativo).
- **Potência**: energia transferida por unidade de tempo: $P = \frac{E}{\Delta t}$; exprime-se em watts (W).
- **Dissipação de energia**: ocorre quando a energia mecânica diminui devido a trabalho resistente de forças não conservativas. Se as forças não conservativas forem dissipativas:

  $E_{dissipada} = |\Delta E_m|$; manifesta-se, por exemplo, em aquecimento.



- **Rendimento**:

  $\eta(\%) = \frac{E_{útil}}{E_{total}} \times 100$ ou $\eta(\%) = \frac{P_{útil}}{P_{total}} \times 100$ (não tem unidades); nunca é 100% porque há sempre energia dissipada:

  $$E_{total} = E_{útil} + E_{dissipada}$$

QUESTÕES

- Na resposta a questões de escolha múltipla, selecione a única opção que permite obter uma afirmação verdadeira ou responder corretamente à questão colocada.
- Nas questões que envolvam cálculos, estes devem ser apresentados.
- Use $g = 10\ m\ s^{-2}$ nas questões em que necessitar deste valor.

1.1.1 Energia e tipos fundamentais de energia. Energia interna

1.1.2 Sistema mecânico redutível a uma partícula

1. Pretende-se estudar um medicamento dentro de uma cápsula. Identifique o sistema, a fronteira e a vizinhança.

2. Exprima em joules e em notação científica (1 cal = 4,18 J):

a) 1,5 MJ
b) 2,30 kJ
c) 34 mJ
d) 5,0 kcal

3. Determine a energia cinética de:

3.1 Um eletrão que se move com velocidade de módulo $1,0 \times 10^{3}\ km\ s^{-1}$ ($m = 9,109 \times 10^{-31}\ kg$);

3.2 Um astro com massa $3,0 \times 10^{16}\ kg$ e velocidade de módulo $3,0\ km\ s^{-1}$.

4. A energia cinética de um eletrão ($m = 9,109 \times 10^{-28}\ g$) é $6,73 \times 10^{-19}\ J$. Qual é o módulo da sua velocidade em $km\ h^{-1}$?

5. Estabeleça uma relação entre as energias cinéticas de dois corpos M e N nas situações seguintes:

a) M tem massa dupla de N e a mesma velocidade.
b) M tem a massa de N e o dobro da velocidade de N.
c) M tem metade da massa de N e o dobro da velocidade de N.

6. Dois corpos A e B têm a mesma energia cinética, mas A tem um terço da massa de B. Relacione os módulos das suas velocidades.

7. Que tipo de energia potencial está associado às interações nas situações seguintes?

a) A Terra em movimento à volta do Sol.
b) Movimento do eletrão à volta do protão no átomo de hidrogénio.
c) Uma bola comprime uma mola.

8. A energia interna

(A) está associada a uma só partícula.
(B) depende da agitação corpuscular do sistema.
(C) é independente da quantidade de matéria do sistema.
(D) é um tipo fundamental de energia, tal como a energia cinética e a energia potencial.

9. Um sistema diz-se mecânico se, para o descrever,

(A) não for necessário considerar a sua energia interna.
(B) não tiver movimento de rotação.
(C) não tiver movimento de translação.
(D) tiver apenas movimento de rotação.

10. Um sistema é redutível a uma partícula

(A) se não se considerar a variação da sua energia interna.
(B) se não se considerar os seus movimentos de rotação.
(C) se for um sistema mecânico.
(D) se não se considerar a sua energia interna e considerar apenas movimento de translação.

11. Em que situação o sistema pode ser reduzido ao seu centro de massa?

(A) Água a ferver numa panela.
(B) Motor de um carro numa viagem.
(C) Caixote a ser puxado.
(D) Terra, no seu movimento de translação, para analisar as estações do ano.

1.1.3 e 1.1.4 Trabalho realizado por uma força constante. Trabalho realizado pelo peso

12. Nas situações seguintes, indique, justificando, se a força realiza trabalho.

A. Força de um halterofilista a segurar o seu haltere.

B. Força que a Terra exerce sobre a Lua, supondo circular a órbita desta em torno da Terra.

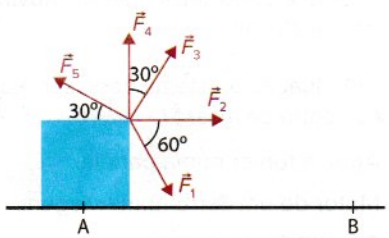
13. Empurramos uma parede exercendo uma força sobre ela. Indique, justificando, se transferimos energia para a parede por ação dessa força.

14. Um bloco desloca-se 60 cm sobre uma superfície horizontal sob a ação de uma força com a direção do deslocamento e intensidade 100 N. A intensidade da força de atrito exercida pela superfície é 50 N.

14.1 Represente e identifique as forças exercidas sobre o bloco, indicando os corpos que as exercem.

14.2 Determine o trabalho realizado por cada força, indicando se esse trabalho é potente ou resistente.

15. A figura representa um bloco que se move de A para B. As forças representadas têm igual intensidade.



15.1 Identifique:

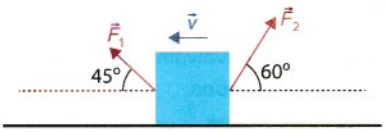
a) a força que realiza maior trabalho;

b) as forças que realizam trabalho potente;

c) as forças que realizam igual trabalho.

15.2 Determine o trabalho resistente, sabendo que a intensidade da força é 50 N e o bloco percorre 80 cm.

16. Observe a figura: um bloco desloca-se 5,00 m sob a ação das forças representadas. Relacione as suas intensidades, sabendo que as forças realizam igual trabalho, em módulo.



17. Um carrinho, redutível a uma partícula, é empurrado com uma força de 50,0 N, que faz 30,0° com a direção do movimento.
Se a amplitude do ângulo fosse reduzida para metade e o deslocamento fosse o dobro, qual deveria ser a intensidade da força, de modo a realizar igual trabalho?

18. Um carro avariado move-se 10 m no sentido norte-sul por ação de duas forças, paralelas ao solo: a força $\vec{F}_1$, de intensidade 200 N, aponta no sentido sudoeste, e a força $\vec{F}_2$, de intensidade 300 N, aponta no sentido que faz um certo ângulo com a direção norte-sul para o lado este. Determine este ângulo, sabendo que as forças realizam igual trabalho. Considere o movimento do centro de massa do carro.

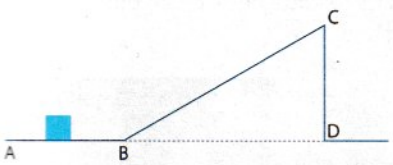
19. Um pedregulho de 1,0 t caiu de uma certa altura e o seu peso realizou o trabalho de 100 kJ. Qual é essa altura?

20. Um rapaz ergue um haltere de 5,0 kg a uma altura de 2,00 m, exercendo nele uma força simétrica do peso do haltere. Determine o trabalho realizado por cada uma das forças exercidas sobre o haltere.

21. Um bloco de 1,0 kg desce um plano inclinado, de inclinação 30° e 10 m de comprimento.
A intensidade da força de atrito é igual à intensidade da componente eficaz do peso.
Determine o trabalho realizado por estas forças.

22. Um carro de 1,0 t desce uma estrada com 6% de percentagem de inclinação. Considere o carro redutível ao seu centro de massa.
O desnível entre as posições inicial e final é 2,0 m. Determine o trabalho realizado pelo peso do carro e o deslocamento do veículo.

23. Observe a figura: um bloco de 10 kg desloca-se 20 m sobre um plano horizontal (A → B), sobe depois uma rampa de comprimento 30 m (B → C) e acaba por cair em C, sendo 20 m a distância entre C e D.



23.1 Determine o trabalho realizado pelo peso do bloco no percurso:

a) A → B;

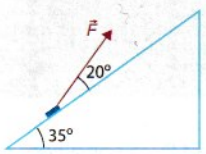
b) B → C;

c) C → D;

d) direto de A para D.

23.2 Determine o trabalho realizado pela força de atrito entre B e C, sabendo que a sua intensidade é 30% da intensidade da força normal exercida pelo plano sobre o bloco.

24. Observe a figura: um bloco de 1,5 kg sobe uma rampa polida por ação de uma força $\vec{F}$, de intensidade 15 N, que faz um ângulo de 20° com a direção do deslocamento. Após um deslocamento de 2,0 m essa força é retirada e o bloco desce a rampa.



24.1 Determine o trabalho realizado pela força $\vec{F}$.

24.2 Mostre que são simétricos os trabalhos realizados pelo peso do bloco na subida e na descida e determine-os.

1.1.5 Teorema da Energia Cinética

25. De acordo com o Teorema da Energia Cinética,

(A) a variação da energia cinética de um corpo é negativa se a resultante das forças aplicadas realizar trabalho potente.

(B) um corpo move-se com velocidade constante se a resultante das forças aplicadas realizar trabalho positivo.

(C) um corpo está necessariamente em repouso se a soma dos trabalhos das forças aplicadas for nula.

(D) a velocidade de um corpo diminui se a resultante das forças aplicadas realizar trabalho resistente.

26. Um carrinho de 2,0 kg desloca-se retilineamente sobre uma superfície horizontal, com velocidade de módulo 4,0 m s^{-1}. É-lhe aplicada uma força paralela ao plano que reduz o módulo da sua velocidade para metade, num percurso de 3,0 m. Caracterize essa força, supondo desprezável o atrito entre as superfícies em contacto.

27. Um corpo de 2,0 kg move-se inicialmente com velocidade de módulo 5,0 m s^{-1}. Se a resultante das forças sobre o corpo realizar um trabalho resistente de módulo 16 J, a variação do módulo da velocidade será

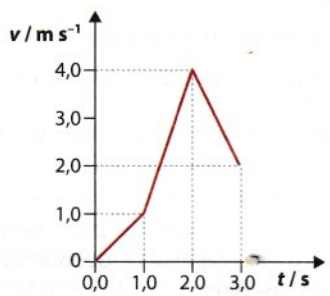
(A) −2,0 m s^{-1}.

(B) 2,0 m s^{-1}.

(C) −3,0 m s^{-1}.

(D) 3,0 m s^{-1}.

28. O gráfico seguinte representa o módulo da velocidade, *v*, de um bloco de 800 g, em função do tempo, *t*. O bloco descreve uma trajetória retilínea num plano horizontal.



28.1 Qual é o trabalho realizado pela resultante das forças que atuam no bloco nos últimos 2,0 s de movimento?

28.2 No primeiro segundo de movimento, o bloco está sujeito a uma força de 2,0 N, paralela ao plano de apoio, e a intensidade da força de atrito é 20% da intensidade do peso do bloco. Determine o deslocamento do bloco nesse intervalo de tempo.

29. Um carro de 1,0 t segue a 90 km h^{-1}, quando o condutor vê um sinal vermelho que se encontra a 80 m de distância. O carro percorre 10 m até o condutor carregar no travão. A intensidade da força de travagem que atua nas rodas é 40% da intensidade do peso do carro. Considere o carro redutível ao seu centro de massa. Verifique se o carro passa o sinal vermelho.

30. Em cada batimento do coração, 100 g de sangue são ejetados na artéria aorta, que transporta o sangue para o corpo a uma velocidade cujo módulo é 14 cm s^{-1}. O coração faz, em média, 80 batimentos por minuto.

30.1 Qual é o trabalho realizado pela resultante das forças, em cada batimento, para o sangue adquirir essa velocidade?

30.2 Que energia o coração deve transferir para o sangue, num dia?

31. Uma bala de 5,0 g é lançada de uma arma, com um cano de 72 cm de comprimento, atingindo uma velocidade de módulo 480 m s^{-1} na saída do cano. Já no ar, quando a sua velocidade em módulo é 400 m s^{-1}, atinge uma árvore, entrando 4,0 cm no seu tronco. Supondo constante a resultante das forças sobre a bala, determine a sua intensidade:

31.1 no percurso dentro do cano;

31.2 no percurso dentro da árvore.

32. Um trenó com uma pessoa é empurrado num plano horizontal por uma força paralela ao plano. Ao fim de um dado percurso atinge uma velocidade de módulo v. Considere o sistema redutível a uma partícula e desprezáveis as forças dissipativas.

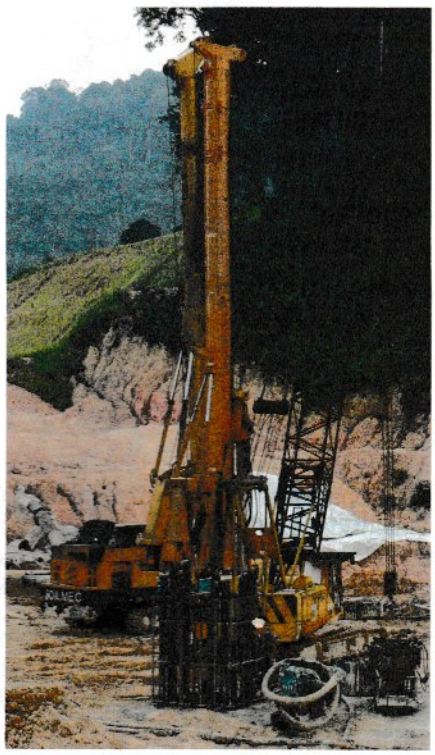
32.1 Para o mesmo percurso, se a força triplicar, o conjunto atingirá uma velocidade de módulo

(A) $3\,v$. **(B)** $\frac{v}{3}$. **(C)** $\frac{v}{\sqrt{3}}$. **(D)** $\sqrt{3}v$.

32.2 Para o mesmo percurso e a mesma força, se o trenó tiver duas pessoas, duplicando-se a massa, o conjunto atingirá uma velocidade de módulo

(A) $2\,v$. **(B)** $\frac{v}{2}$. **(C)** $\frac{v}{\sqrt{2}}$. **(D)** $\sqrt{2}\,v$.

33. Um bate-estacas de 2,0 t cai de uma certa altura, chegando ao solo com velocidade de módulo 10 m s^{-1}, e enterra-se 12 cm no chão. Compare os módulos dos trabalhos realizados pelo peso do bate-estacas e pela resultante das forças que nele atuam quando é enterrado no chão.



34. Um bloco de 1,0 kg sobe com velocidade constante uma rampa com 20° de inclinação, por ação de uma força paralela ao plano. O desnível entre as posições inicial e final é 3,0 m e a intensidade da força de atrito é 20% da intensidade da força normal exercida sobre o bloco. Determine a distância percorrida pelo bloco e a intensidade da força aplicada.

1.1.6, 1.1.7 e 1.1.8 Forças conservativas e sistemas conservativos

35. O trabalho realizado por uma força conservativa depende

(A) apenas dos pontos inicial e final da trajetória.

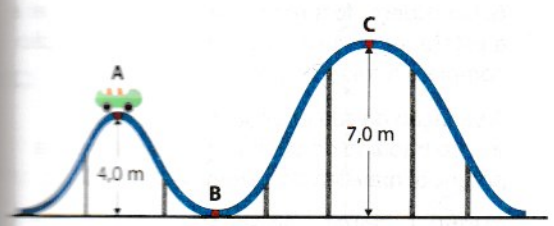
(B) dos pontos inicial e final da trajetória e da forma da trajetória.

(C) dos pontos inicial e final da trajetória e do comprimento da trajetória.

(D) da velocidade do corpo entre os pontos inicial e final da trajetória.

36. Um balão de ar quente descreve uma trajetória curvilínea. Se descrevesse uma trajetória retilínea, em que condições o seu peso realizaria um trabalho igual?

37. Observe a figura: um carrinho de massa *m* desloca-se, passando pelas posições A, B e C de uma montanha russa.



37.1 Que opção completa a frase seguinte?

O trabalho do peso entre A e B é ..., entre B e C é ... e entre A e C é ...

(A) 4,0 *mg* ... −7,0 *mg* ... −3,0 *mg*.

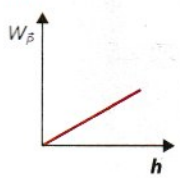
(B) 4,0 *mg* ... −7,0 *mg* ... 3,0 *mg*.

(C) −4,0 *mg* ... 7,0 *mg* ... 3,0 *mg*.

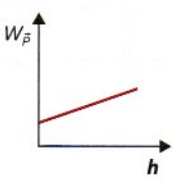
(D) 4,0 *mg* ... 7,0 *mg* ... −3,0 *mg*.

37.2 Para o percurso B → C, qual dos gráficos representa o trabalho realizado pelo peso do carrinho, $W_{\vec{p}}$, em função da altura, *h*, acima do nível de referência que passa por B?

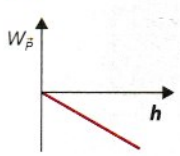
(A)



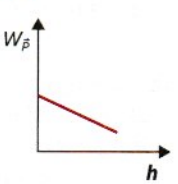
(B)



(C)



(D)

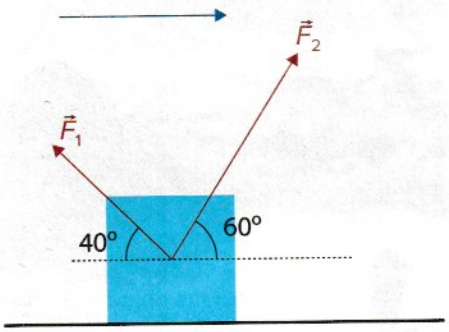


38. Um montanhista de 70,0 kg subiu ao cume do monte Everest, a 8,85 km de altitude, tendo o seu peso realizado um trabalho de módulo igual a 4,80 MJ. Determine a altitude do ponto de partida, em quilómetros.

39. Uma pessoa de 60 kg sobe cinco degraus, elevando-se 20 cm na vertical em cada um deles. Considere a pessoa redutível ao seu centro de massa. Determine a variação de energia potencial gravítica do sistema *pessoa* + *Terra* e compare-a com o trabalho realizado pelo peso da pessoa.

40. O robot *Perseverance*, lançado pela NASA, chegou a Marte em 2021 para recolher amostras que possam revelar sinais de vida microbiana. A aceleração gravítica na Terra é cerca de 2,6 vezes maior do que em Marte. Compare a energia potencial gravítica do sistema *robot* + *planeta*, quando o *robot* está a igual altura do solo na Terra e em Marte.

41. Observe a figura: um bloco, de 1,0 kg, deslizou 3,0 m sob a ação das forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, de intensidades 1,0 N e 2,0 N, respetivamente, no sentido indicado. A intensidade da força de atrito era 20% da intensidade do peso do corpo. No final do percurso, o módulo da velocidade era 4,0 m s^{-1}.

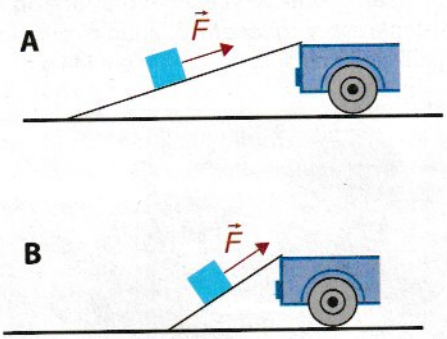


Determine:

41.1 o trabalho realizado pelas forças conservativas que atuam no bloco;

41.2 a variação do módulo da velocidade do bloco naquele percurso.

42. Observe a figura: um caixote é elevado para uma camioneta, usando-se uma placa metálica como rampa, sendo desprezável o atrito entre as superfícies. No caso A, a placa tem o dobro do comprimento que tem no caso B. Nos dois casos, o caixote parte do repouso e é puxado com uma força $\vec{F}$, de igual intensidade, paralela à rampa.



42.1 Que forças não conservativas atuam sobre o caixote? Classifique em potente, resistente ou nulo o trabalho realizado por cada uma delas.

42.2 Compare as situações A e B relativamente:

a) ao trabalho realizado pela força $\vec{F}$;

b) ao trabalho realizado pelo peso;

c) ao módulo da velocidade ao atingir o cimo da rampa.

42.3 Nas duas situações e durante a subida, pode afirmar-se que

(A) a energia cinética do caixote mantém-se constante.

(B) a energia potencial gravítica do sistema *caixote* + *Terra* mantém-se constante.

(C) a energia potencial gravítica do sistema *caixote* + *Terra* e a energia cinética do caixote variam, mas a sua soma mantém-se constante.

(D) a energia potencial gravítica do sistema *caixote* + *Terra* e a energia cinética do caixote variam, assim como a sua soma.

43. Deixa-se cair uma pequena esfera. Numa posição A da trajetória, a sua energia cinética é 50 J, aumentando para 200 J numa posição B. Considere desprezável a resistência do ar e a esfera redutível a uma partícula. Que opção completa a frase seguinte?

A variação da sua energia cinética, que é ..., é ... ao trabalho do peso e igual ... da energia potencial gravítica do sistema *esfera* + *Terra*.

(A) 150 J ... igual ... ao simétrico da variação

(B) 150 J ... diferente ... ao simétrico da variação

(C) –150 J ... igual ... à variação

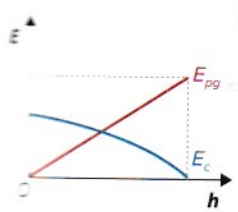
(D) –150 J ... diferente ... à variação

44. Um berlinde é deixado cair de um andar que está 8,0 m acima da rua. Considere desprezável a resistência do ar e o berlinde redutível a uma partícula.

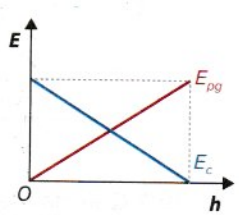
44.1 Determine o módulo da velocidade do berlinde após percorrer 5,0 m.

44.2 Considerando a rua como nível de referência para a energia potencial gravítica, que opção pode representar os gráficos da energia cinética, E_c, do berlinde e da energia potencial gravítica, E_{pg}, do sistema *berlinde + Terra*, em função da altura, h, acima da rua?

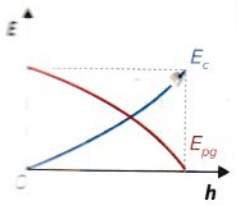
(A)



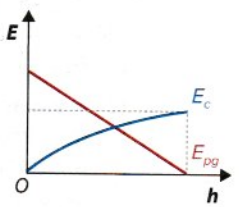
(B)



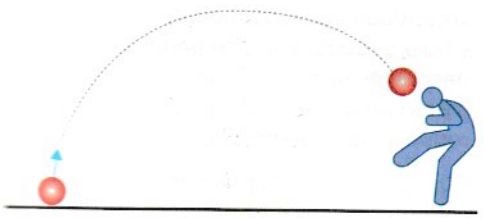
(C)



(D)



45. Observe a figura: uma bola de 420 g é lançada do solo com uma velocidade de módulo 10 m s^{-1} e, na altura máxima, esse valor reduz-se 60%. A bola é apanhada por um guarda-redes a 1,8 m de altura do solo. A bola é redutível a uma partícula e são desprezáveis as forças dissipativas. Tome o solo como nível de referência para a energia potencial gravítica.



45.1 Determine:

a) a energia mecânica do sistema *bola + Terra*;

b) a altura máxima atingida pela bola;

c) o módulo da velocidade da bola ao atingir o jogador.

45.2 Relacione, justificando, os módulos da velocidade da bola quando ela está à mesma altura do solo, mas em pontos diferentes da sua trajetória.

46. Uma bola, de massa m, é deixada cair de uma altura h acima do solo. Considere desprezável a resistência do ar e a bola redutível a uma partícula. Tome o solo como nível de referência para a energia potencial gravítica.

Quando a bola está a dois terços da altura inicial, a sua energia cinética e a variação da energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* são, respetivamente,

(A) $\frac{1}{3}mgh$ e $-\frac{2}{3}mgh$.

(B) mgh e $-\frac{1}{3}mgh$.

(C) $\frac{1}{3}mgh$ e $-\frac{1}{3}mgh$.

(D) $\frac{2}{3}mgh$ e $\frac{1}{3}mgh$.

47. Um conjunto trenó e ocupantes, de massa m, escorrega sobre uma rampa gelada, numa trajetória curvilínea, partindo com uma velocidade de módulo v_0. Após um certo percurso, o desnível entre as posições inicial e final é h. Considere o conjunto redutível a uma partícula e desprezáveis as forças dissipativas.

O trabalho realizado pelo peso do conjunto e o módulo da sua velocidade final são, respetivamente

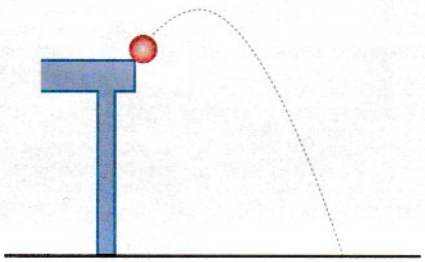
(A) mgh e $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$.

(B) $-mgh$ e $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$.

(C) $-mgh$ e $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

(D) mgh e $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

48. Observe a figura (que não está à escala): uma bola de 50 g é lançada obliquamente de uma mesa com 80 cm de altura. No ponto mais alto da trajetória, a 1,20 m de altura, o módulo da velocidade da bola é 6,0 m s^{-1}. Considere desprezáveis as forças dissipativas e a bola redutível a uma partícula.



48.1 Que trabalho realizou o peso da bola em toda a trajetória?

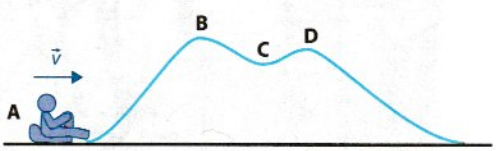
48.2 Determine o módulo da velocidade da bola quando:

a) atinge o chão;

b) é lançada;

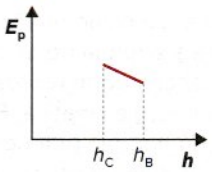
c) está a um terço da altura máxima.

49. Observe a figura: um trenó move-se numa montanha gelada de A para D. Em A, o módulo da sua velocidade é v e em B é apenas um terço desse valor. As alturas de B e C, h_B e h_C, relativamente à base da montanha (considerada como nível de referência para a energia potencial gravítica) relacionam-se por $h_C = \frac{2}{3} h_B$. Considere o trenó redutível a uma partícula e desprezáveis as forças dissipativas.

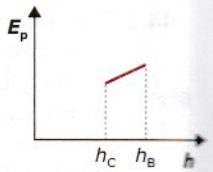


49.1 Que gráfico representa a energia potencial gravítica do sistema *trenó* + *Terra*, E_p, em função da altura à base da montanha, h, no trajeto de B para C?

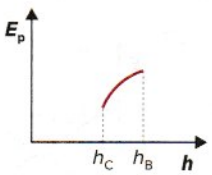
(A)



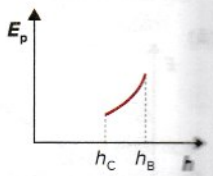
(B)



(C)



(D)



49.2 Qual das seguintes afirmações é correta?

(A) O peso do trenó realiza trabalho positivo de A para D.

(B) A variação da energia potencial gravítica do sistema *trenó* + *Terra* é menor de A para B do que de B para D.

(C) A variação de energia cinética de A para B é igual a mgh_B.

(D) A variação de energia cinética de B para C é igual a $\frac{1}{3} mgh_B$.

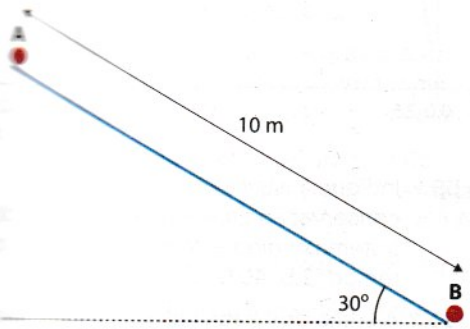
49.3 Mostre que $h_B = \frac{4v^2}{9g}$.

50. Uma pequena bola de massa m é lançada do solo, verticalmente e para cima, com velocidade inicial de módulo v. Admita que a bola é redutível a uma partícula e que são desprezáveis as forças dissipativas. Considere a posição da trajetória em que a velocidade se reduz a metade. Prove que:

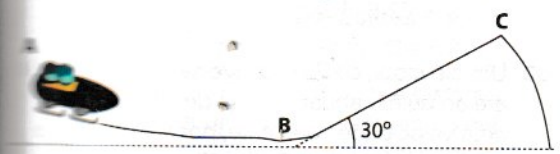
50.1 o trabalho do peso da bola até atingir essa posição é dado por $-\frac{3}{8} mv^2$;

50.2 a altura a que se encontra a bola nessa posição é dada por $\frac{3v^2}{8g}$.

51. Observe a figura: um esquiador dá um salto, abandonando a pista na posição A, com velocidade de módulo 72 km h^{-1}, retomando a pista na posição B, a 10 m de A. Considere desprezáveis as forças dissipativas e o esquiador redutível a uma partícula. Determine o módulo da velocidade na chegada a B em quilometros por hora.



52. Observe a figura: um trenó com ocupantes desce uma rampa gelada. Ao passar pela posição A, a 10 m de altura da posição B, o módulo da sua velocidade é 36 km h^{-1}. Depois sobe por outra rampa, de 32 m de comprimento. A seguir à posição C há um precipício. Despreze as forças dissipativas e considere o conjunto redutível ao seu centro de massa.



52.1 Determine o módulo da velocidade máxima atingida.

52.2 Verifique se o trenó caiu no precipício.

53. A um carrinho que está na base de um plano inclinado, de inclinação α, é comunicada uma velocidade de módulo v. O atrito entre as superfícies é desprezável. O deslocamento máximo do carrinho sobre a rampa é

(A) $\frac{v^2}{2g \sin \alpha}$.

(B) $\frac{2g}{v^2} \sin \alpha$.

(C) $\frac{v^2}{2g} \sin \alpha$.

(D) $\frac{g v^2}{2 \sin \alpha}$.

1.1.9 Forças não conservativas e sistemas não conservativos

54. Qual das seguintes afirmações é correta?

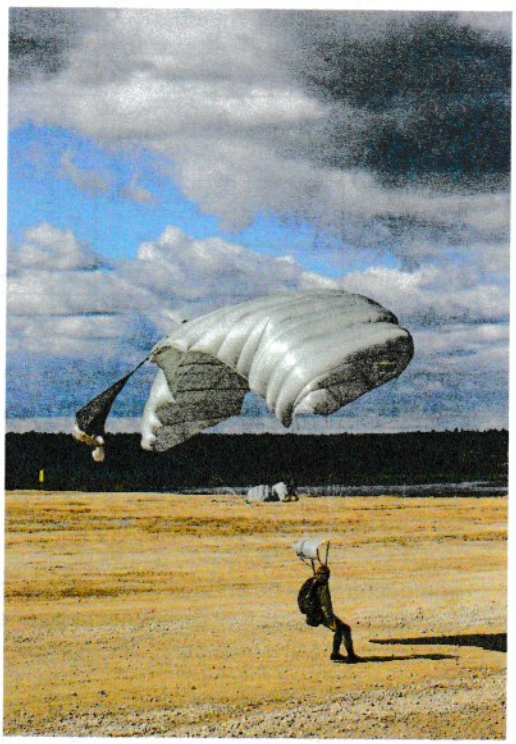
(A) O trabalho das forças não conservativas é sempre negativo.

(B) O trabalho das forças dissipativas é sempre negativo e corresponde à energia mecânica perdida pelo sistema.

(C) O trabalho das forças não conservativas será positivo se o sistema perder energia mecânica.

(D) O trabalho das forças não conservativas será nulo se o sistema perder energia mecânica.

55. Um paraquedista chega em segurança ao solo devido à ação da força de resistência do ar que se opõe ao seu peso.



No movimento do paraquedista

(A) as variações de energia cinética e de energia potencial gravítica são simétricas.

(B) as variações de energia cinética e de energia mecânica são positivas.

(C) as variações de energia potencial gravítica e de energia mecânica são positivas.

(D) a variação de energia mecânica é igual ao trabalho realizado pela força de resistência do ar.

56. Uma pequena bola de 2,5 g cai de uma grande altura, percorrendo os últimos 10 m com velocidade constante. Determine a energia dissipada por efeito da força de resistência do ar nessa parte da trajetória.

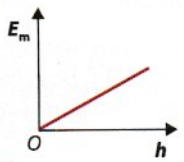
57. Um balão, de 20 g, cai da altura de 10 m e atinge o solo com uma velocidade de módulo 13 m s^{-1}.

57.1 Verifique que a resistência do ar não é desprezável.

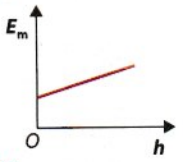
57.2 Determine o trabalho realizado pela resistência do ar.

57.3 Considerando o solo como o nível de referência para a energia potencial gravítica, qual dos gráficos representa a energia mecânica do sistema *balão* + + *Terra* em função da altura do balão?

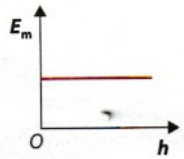
(A)



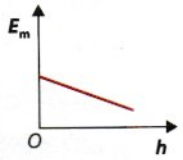
(B)



(C)



(D)



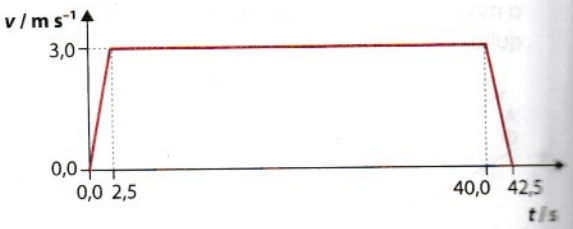
58. Uma pessoa de 60 kg está num parque aquático. É empurrada do cimo de um escorrega, a 6,0 m de altura da superfície da água, com velocidade de módulo 5,0 m s^{-1}. Ao chegar à base do escorrega, a 2,0 m acima da superfície da água, a sua energia mecânica reduz-se em 10%, tomando o nível da água como referência da energia potencial gravítica. Considere desprezável a resistência do ar e a pessoa redutível a uma partícula.

Determine:

58.1 o trabalho do peso da pessoa desde a posição inicial até chegar à água;

58.2 a variação do módulo da sua velocidade desde que abandona a base da rampa até chegar à água.

59. O gráfico seguinte representa o módulo da velocidade, *v*, da cabina de um elevador, em função do tempo, *t*, desde o instante em que a cabina parte da base de um edifício até ao seu topo.



59.1 Indique, justificando, se há, ou não, conservação da energia mecânica do sistema *cabina* + *Terra* no intervalo de tempo [2,5; 40,0] s.

59.2 A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é

(A) nula no intervalo de tempo [0,0; 2,5] s.

(B) nula no intervalo de tempo [2,5; 40,0] s.

(C) negativa no intervalo de tempo [0,0; 2,5] s.

(D) positiva no intervalo de tempo [2,5; 40,0] s.

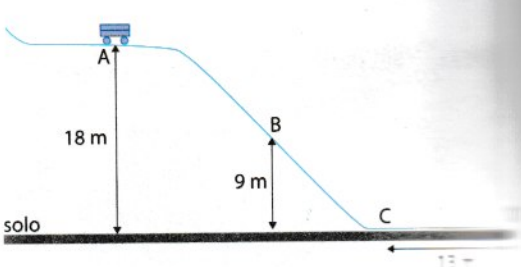
60. Um elevador, de 2,0 t, move-se do rés-do-chão até ao quinto andar, a 20 m de altura, com uma velocidade constante, por ação da força exercida por cabos. A intensidade das forças dissipativas é 500 N.

60.1 Que forças não conservativas atuam sobre o elevador?

60.2 Determine a energia dissipada.

60.3 Determine a intensidade da força exercida pelos cabos, admitindo que é constante.

E **61.** A figura (que não está à escala) representa um carrinho que percorre o troço final de uma montanha-russa. O carrinho, de 600 kg, passa no ponto A, a 18 m do solo, com uma velocidade de módulo 8,0 m s^{-1}.



Entre os pontos A e C, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no carrinho é desprezável. Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e o carrinho redutível a uma partícula.

61.1 A energia cinética do carrinho será o quádruplo da sua energia cinética em A, num ponto em que

(A) a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* for metade da energia potencial gravítica em A.

(B) a energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra* for um quarto da energia potencial gravítica em A.

(C) o módulo da sua velocidade duplicar.

(D) o módulo da sua velocidade quadruplicar.

61.2 O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é

(A) maior entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.

(B) menor entre os pontos A e C do que entre os pontos B e C.

(C) positivo entre os pontos A e C e negativo entre os pontos C e D.

(D) positivo entre os pontos A e C e nulo entre os pontos C e D.

61.3 Entre os pontos C e D, que distam 13 m, atuam forças de travagem cuja resultante tem direção horizontal e intensidade constante. O carrinho atinge D com uma velocidade que é, em módulo, metade da velocidade em C. Determine:

a) a percentagem de energia dissipada entre C e D;

b) a intensidade da resultante das forças de travagem.

62. Uma caixa de 600 g é lançada da base de uma rampa com velocidade de módulo 2,70 m s^{-1}, atingindo a altura máxima depois de percorrer 40 cm. A energia potencial gravítica do sistema *caixa* + *Terra* aumentou 0,816 J nesse percurso.

62.1 Determine a amplitude do ângulo de inclinação da rampa.

62.2 Que energia foi dissipada nesse percurso?

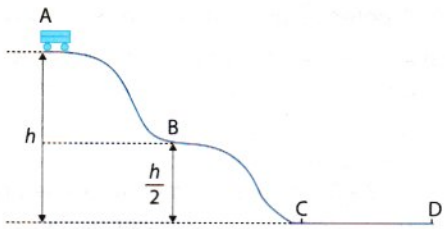
62.3 Mostre que a intensidade da força de atrito que atuou sobre a caixa foi 57% da intensidade do seu peso.

63. Um bloco de 500 g foi largado numa rampa, a uma certa altura, chegando à sua base com menos 20% de energia mecânica. Ao atingir a base da rampa, a energia potencial gravítica do sistema *bloco* + *Terra* tinha diminuído 1,50 J, considerando essa base como nível de referência para esta energia. O bloco passou depois a mover-se num plano horizontal sujeito a uma força de atrito cuja intensidade era 35% da intensidade do peso. Determine:

63.1 a altura do ponto da rampa de onde foi abandonado o bloco;

63.2 a distância percorrida pelo bloco no plano horizontal até parar.

64. Num parque de diversões, um carrinho de 50 kg percorre o trajeto representado na figura. Em A tem velocidade de módulo v_0 e imobiliza-se no ponto D. Entre C e D o carrinho percorre 12 m sujeito a uma força de travagem de intensidade igual a 30% da intensidade do seu peso. Considere o carrinho redutível a uma partícula e desprezáveis as forças dissipativas entre A e C.



64.1 Que energia é dissipada entre C e D?

64.2 Que opção completa corretamente a frase seguinte?

Entre A e C, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é igual ... da energia cinética e igual ... da energia potencial gravítica do sistema *carrinho* + *Terra*.

(A) à variação ... à variação

(B) ao simétrico da variação ... à variação

(C) à variação ... ao simétrico da variação

(D) ao simétrico da variação ... ao simétrico da variação

64.3 Se o carrinho tivesse ocupantes, chegaria ao ponto C com

(A) maior energia cinética e maior velocidade.

(B) maior energia cinética e igual velocidade.

(C) igual energia mecânica e maior velocidade.

(D) igual energia mecânica e menor velocidade.

64.4 O módulo da velocidade em B é

(A) $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$.

(B) $\sqrt{v_0^2 - gh}$.

(C) $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

(D) $\sqrt{v_0^2 + gh}$.

1.1.10 Potência e rendimento

65. Qual das seguintes afirmações é correta?

(A) A potência pode ser expressa em kW h.

(B) A potência de uma máquina indica a energia que ela pode disponibilizar.

(C) Uma máquina que disponibiliza 1500 J em 5 s usa mais energia que uma máquina de 3 kW, no mesmo intervalo de tempo.

(D) Uma máquina que disponibiliza 3 kJ em 3 s usa a mesma energia que uma máquina de 1 kW, no mesmo intervalo de tempo.

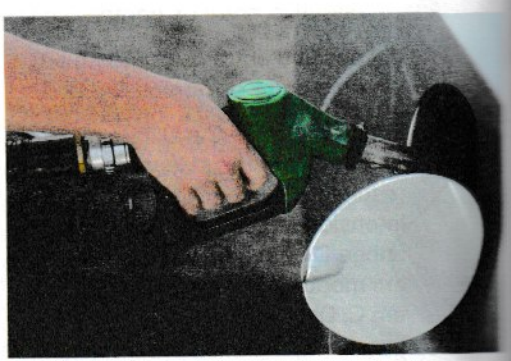
66. Um guindaste eleva um pedregulho de 120 kg, a uma altura de 10 m, em meio minuto, exercendo sobre ele uma força de intensidade igual à intensidade do peso do pedregulho. O guindaste é acionado por um motor que usa uma energia de 500 J em cada segundo.

Determine a potência associada à força exercida pelo guindaste e o rendimento do processo.

67. Num prédio instala-se uma bomba hidráulica. Esta é capaz de elevar, com velocidade constante e em 80 s, um volume de 400 L de água para um reservatório situado 20 m acima da bomba. Determine a potência total disponibilizada pela bomba, sabendo que o rendimento do processo é 60%.
($\rho_{água} = 1\ kg\ dm^{-3}$)

68. O cavalo-vapor (símbolo cv) é uma unidade de potência usada para os motores dos carros (1 cv = 735,5 W). Um carro de 1,0 t, inicialmente parado, acelera numa estrada horizontal durante 10 s, movido por um motor cuja potência é 72 cv. Apenas 15% da energia fornecida pelo motor se manifesta em energia cinética do centro de massa do carro. Determine, para esse intervalo de tempo, o módulo da velocidade adquirida, em km h^{-1}, e a energia dissipada.

69. O valor energético de 1,0 m^3 de gasolina é 8,20 Gcal. Um carro de massa 800 kg usa 14% da energia do combustível para aumentar a energia cinética do seu centro de massa. Determine, em cm^3, o volume de gasolina gasto para acelerar o carro do repouso até o seu velocímetro marcar 36 km h^{-1}.
(1 cal = 4,18 J)



Atividades laboratoriais

70. Mede-se um volume de líquido, utilizando a proveta graduada da figura. Indique a medida do volume.

71. O cronómetro da figura marca segundos. Indique a medida do tempo indicada pelo ponteiro.

72. Mediu-se um intervalo de tempo com um cronómetro digital, obtendo-se as seguintes medidas, em milissegundos:

2,57	2,52	2,53	2,55

72.1 Qual é a incerteza de leitura associada a cada medida?

72.2 Indique o resultado da medida na unidade SI, o intervalo de valores em que se encontra e a incerteza relativa percentual do resultado.

72.3 Por que razão não tem significado estimar a exatidão do resultado?

73. Dois grupos de alunos, I e II, mediram a massa de uma substância embalada com a mesma balança digital. A embalagem indicava 4,00 g, valor considerado de referência. Os valores obtidos foram os seguintes:

Grupo I	Grupo II
3,98 g	3,95 g
4,01 g	4,05 g
3,96 g	3,98 g

73.1 Indique o resultado obtido por cada grupo.

73.2 Indique, justificando, que grupo obteve:

a) maior precisão nas medidas;

b) maior exatidão no resultado das medidas.

73.3 Um outro grupo de alunos, III, obteve um valor para a massa com um erro percentual de 1,00%, por defeito, usando a mesma balança. Determine o valor experimental obtido.

73.4 Que tipo de erros pode afetar a exatidão de um valor experimental? Dê um exemplo desse tipo de erros que possa ter ocorrido nas medições dos três grupos.

74. Um grupo de alunos realizou uma atividade laboratorial com o objetivo de relacionar a variação de energia cinética, ΔE_c, de um carrinho e a distância por ele percorrida, d, sobre uma rampa. Mediram a massa do carrinho numa balança digital, obtendo 191,2 g. O carrinho foi largado sobre a rampa. Uma tira opaca a ele ligado, de 1,23 cm de largura (medida com uma régua), passava numa célula fotoelétrica colocada na base da rampa, ligada a um cronómetro digital que registava o tempo de passagem, Δt, da tira pela célula. Os alunos repetiram o procedimento para várias distâncias e fizeram a seguinte tabela de registos:

d / cm	Δt / ms
70,00	22
	21
	21
90,00	19
	19
	20
110,00	18
	17
	17
130,00	16
	16
	17

74.1 Apresente as medidas da massa do carrinho e da largura da tira nas respetivas unidades SI.

74.2 Que opção indica apenas as medições diretas efetuadas pelos alunos?

(A) Massa do carrinho, intervalo de tempo, largura da tira.

(B) Massa do carrinho, energia cinética do carrinho, largura da tira.

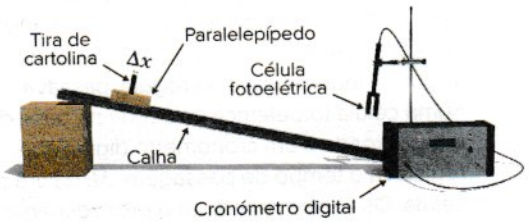
(C) Velocidade do carrinho, massa do carrinho, intervalo de tempo.

(D) Velocidade do carrinho, massa do carrinho, energia cinética do carrinho.

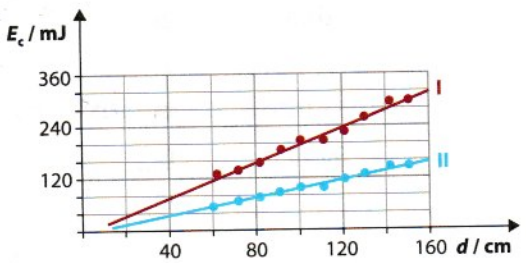
74.3 Indique o resultado da medida do intervalo de tempo correspondente à distância de 110,00 cm.

74.4 Determine a equação da reta de ajuste ao gráfico ΔE_c (d). Indique, justificando, a intensidade da resultante das forças que atuaram sobre o carrinho.

75. A montagem laboratorial da figura foi usada para estudar a relação entre a energia cinética adquirida por um bloco, E_c, de massa 553,4 g, após percorrer uma certa distância, d, sobre uma rampa, partindo do repouso.



Com as medições efetuadas, construíram-se os gráficos seguintes quando a base do bloco foi forrada com um material I e com um material II.



75.1 Qual das opções seguintes completa corretamente a frase seguinte?

Quando a base do bloco está forrada com material ... é maior a energia dissipada, e, em módulo, é ... o trabalho realizado pela força de atrito que atua sobre o bloco.

(A) I ... maior

(B) II ... menor

(C) II ... maior

(D) I ... menor

75.2 Considere o material I.

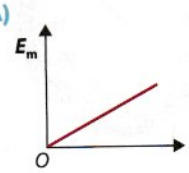
a) Indique, justificando com base no gráfico, para que distância percorrida o cronómetro medirá um tempo maior: 80 cm ou 130 cm.

b) Para medir a energia cinética do bloco, após percorrer 140 cm, largou-se o bloco de uma mesma posição na rampa e registou-se, em três ensaios, o valor medido no cronómetro digital, obtendo-se 17,37 ms, 17,56 ms e 17,81 ms. Determine a largura da tira.

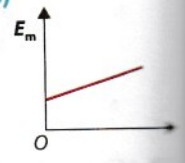
c) Prove, a partir do gráfico, que a intensidade da resultante das forças é cerca de 3,6% da intensidade do peso.

d) Considerando o solo como nível de referência da energia potencial gravítica, e sendo E_m a energia mecânica do sistema *bloco + Terra*, que gráfico pode representar a função $E_m(d)$ e a função $E_m(h)$, sendo d a distância percorrida e h a altura do bloco em relação à base da rampa?

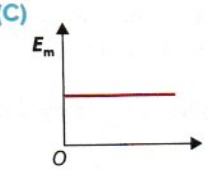
(A)



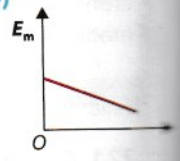
(B)



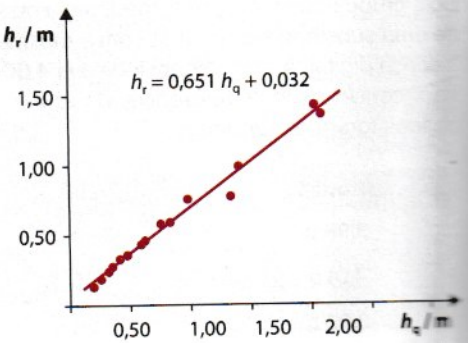
(C)



(D)



76. Com o objetivo de determinar a energia dissipada numa colisão, deixou-se cair uma bola de várias alturas sobre uma superfície. Com um sensor de posição obtiveram-se as alturas de queda, h_q, e as respetivas alturas de ressalto, h_r, e traçou-se o seguinte gráfico $h_r(h_q)$. Considere a bola redutível a uma partícula e desprezável a resistência do ar.



76.1 Identifique a resultante das forças sobre a bola na queda e no ressalto.

76.2 Tendo em conta a equação da reta de ajuste, determine, para uma altura de queda de 70 cm:

a) o módulo da velocidade ao chegar à superfície;

b) a altura de ressalto;

c) o módulo da velocidade quando a bola abandona a superfície.

76.3 Mostre que, após a colisão, a fração de energia mecânica da bola, relativamente à inicial, é dada pelo declive da reta de ajuste do gráfico e determine a percentagem de energia dissipada em cada colisão.

77. Para determinar a energia dissipada numa colisão, deixou-se cair uma bola de várias alturas sobre um piso, medindo-se as alturas de queda, h_q, e de ressalto, h_r. Na tabela estão registados os dados experimentais adquiridos. Considere a bola redutível a uma partícula e desprezável a resistência do ar.

h_q / cm	110,0	100,0	90,0	80,0
h_r / cm	79,1	73,2	64,5	57,9

77.1 Obtenha a equação da reta de ajuste ao gráfico h_r (h_q) e, a partir dela, determine:

a) a altura a que a bola ressaltará se for largada a 102,0 cm do piso;

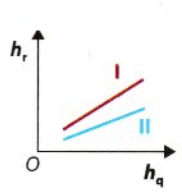
b) o módulo da velocidade de ressalto da bola se esta for abandonada de uma altura de 92,0 cm;

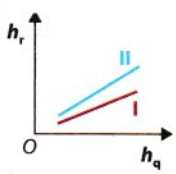
c) a percentagem de energia dissipada em cada colisão.

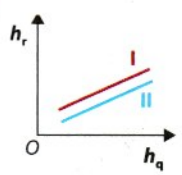
77.2 Repetiu-se o procedimento usando-se outra bola que ressalta no mesmo piso. Comparando os gráficos h_r (h_q) para a primeira bola (situação I) e para a segunda bola (situação II), verificou-se existir mais energia dissipada nesta última.

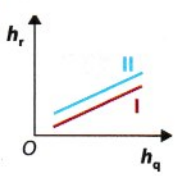
a) Indique, justificando, em que situação é maior a elasticidade do par de materiais em colisão.

b) Qual das opções representa essas situações?

(A)


(B)


(C)


(D)


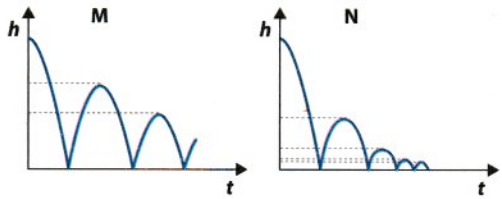
78. Uma bola, que se deixou cair de uma altura de 1,20 m acima do chão, efetuou sucessivos ressaltos. Admita que a percentagem de energia dissipada em cada colisão foi sempre a mesma. Considere a bola redutível a uma partícula e desprezável a resistência do ar. Considere a tabela seguinte.

h_q / m	1,20	0,82	a	b
h_r / m	0,82	a	b	c

78.1 Determine os valores de a, b e c. Comece por determinar a fração de energia mecânica da bola que se mantém após a colisão com o solo.

78.2 Mostre que o quociente entre os quadrados dos módulos da velocidade da bola ao abandonar o chão e ao atingi-lo é igual à fração de energia mecânica que se mantém após a colisão com o solo.

79. Deixou-se cair a mesma bola sobre duas superfícies M e N. Com um sensor de posição e um programa de aquisição de dados foram registadas as alturas da bola às superfícies ao longo do tempo e obtiveram-se os gráficos seguintes (cuja escala é igual). Considere a bola redutível a uma partícula e desprezável a resistência do ar.



79.1 Pode concluir-se que a bola tem

(A) trajetórias parabólicas.

(B) menor velocidade ao atingir a superfície N do que a superfície M, para a mesma altura de queda.

(C) altura de ressalto maior na colisão com a superfície N do que com a superfície M, para a mesma altura de queda.

(D) maior energia cinética ao abandonar a superfície M do que a superfície N no primeiro ressalto.

79.2 Esboce os gráficos da altura de ressalto em função da altura de queda, h_r (h_q), para a colisão com as superfícies M e N, atendendo à diferença de declives das retas.

79.3 Ao colidir com a superfície M, a bola dissipa 40% de energia na colisão.

a) Qual é a altura do ressalto para a altura de queda de 1,00 m?

b) Indique o valor esperado para o declive da reta do gráfico h_r (h_q).

c) Sendo v_q e v_r, respetivamente, os módulos da velocidade da bola ao chegar à superfície M e ao abandoná-la, mostre que $\frac{v_q}{v_r} = \sqrt{\frac{5}{3}}$.

QUESTÕES GLOBAIS

Grupo I

Uma bola está sobre uma mesa cuja altura é 88 cm. Considere a bola redutível a uma partícula e desprezável a resistência do ar.

1. A bola cai da mesa para o chão.

1.1 Sendo m a massa da bola, o trabalho realizado pelo peso da bola até esta atingir a altura de 22 cm do chão é

(A) 0,88 mg.

(B) (0,88 – 0,22) mg.

(C) 0,22 mg.

(D) (0,22 – 0,88) mg.

1.2 Quando a bola atinge uma posição a 22 cm de altura do chão, e tomando este como referência para a energia potencial gravítica, a energia potencial gravítica do sistema *bola* + *Terra* já diminuiu

(A) 25%.

(B) 88%.

(C) 22%.

(D) 75%.

1.3 A bola atinge o chão com velocidade de módulo v_I e energia cinética E_{c_I}. Outra bola, com o triplo da massa, cai da mesma mesa e atinge o chão com uma velocidade de módulo v_{II} e uma energia cinética $E_{c_{II}}$ iguais, respetivamente, a

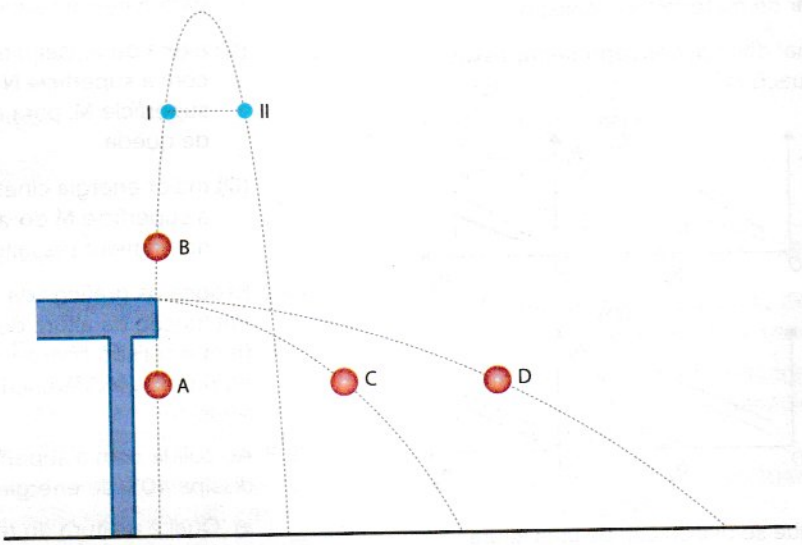
(A) $3v_I$ e $3E_{c_I}$.

(B) v_I e $3E_{c_I}$.

(C) $3v_I$ e $9E_{c_I}$.

(D) $3v_I$ e $27E_{c_I}$.

2. A bola pode sair da mesa e atingir o chão, seguindo trajetórias diferentes, como mostra a figura seguinte: é deixada cair (trajetória A), ou é lançada obliquamente para cima (trajetória B) ou é lançada horizontalmente (trajetórias C e D).



O trabalho realizado pelo peso da bola

(A) é nulo entre as posições I e II da trajetória B, mas a energia cinética é maior na posição II do que na posição I.

(B) é maior para a trajetória D do que para as restantes trajetórias.

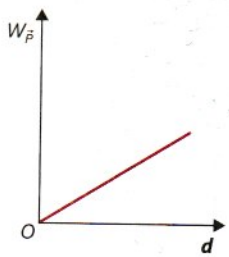
(C) é igual em todas as trajetórias, assim como a variação de energia cinética da bola.

(D) é igual em todas as trajetórias, mas a variação de energia cinética é maior na trajet

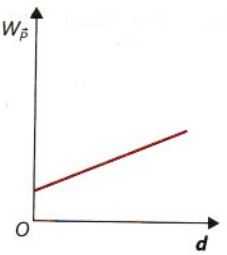
3. Uma pessoa eleva a bola do chão, a partir do repouso, com uma força vertical $\vec{F}$ de intensidade 0,60 N. A massa da bola é 50,0 g.

3.1 Considere os gráficos seguintes, sendo $W_{\vec{P}}$ o trabalho do peso da bola e d a distância percorrida.

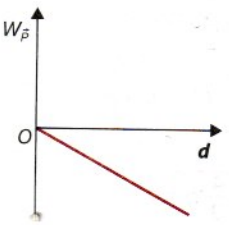
(A)



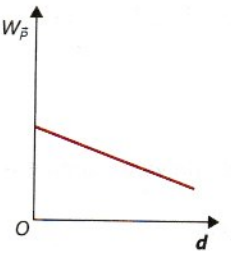
(B)



(C)



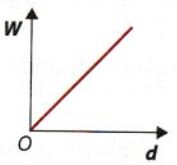
(D)



Identifique o gráfico que se refere ao movimento de subida da bola e indique o valor do declive da reta desse gráfico expresso na unidade SI.

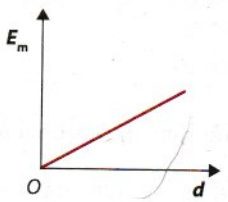
3.2 Determine, a partir do Teorema da Energia Cinética, o módulo da velocidade da bola ao atingir a altura da mesa.

3.3 O gráfico representa o trabalho da resultante das forças que atuam sobre a bola, W, em função da distância percorrida, d, na subida. Indique, justificando, o valor do declive da reta.

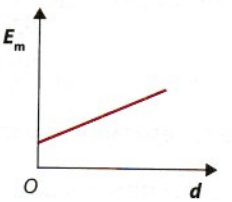


3.4 Que gráfico pode traduzir a energia mecânica do sistema *bola* + *Terra*, E_m, em função da distância percorrida na subida, d, sendo o chão o nível de referência para a energia potencial gravítica? Indique o valor do declive da reta.

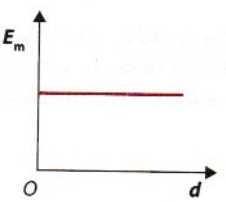
(A)



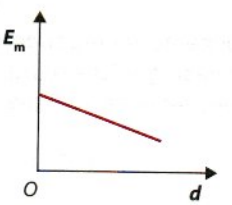
(B)



(C)



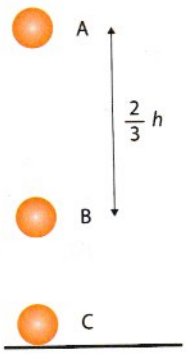
(D)



Grupo II

Uma bola deixada cair pode ressaltar várias vezes ao colidir com o solo. Considere a bola uma partícula e desprezável a resistência do ar.

1. A figura representa a bola, de massa m, em três posições durante a queda: parte do repouso em A, que está a uma altura h do solo, e atinge-o em C.



1.1 O módulo da velocidade em B é

(A) $\sqrt{\frac{1}{3}gh}$.

(B) $\sqrt{\frac{2}{3}gh}$.

(C) $\sqrt{\frac{4}{3}gh}$.

(D) $\sqrt{2gh}$.

1.2 A variação de energia cinética da bola entre B e C é

(A) $\frac{1}{3}mgh$ e igual ao trabalho realizado pelo peso.

(B) $-\frac{1}{3}mgh$ e simétrica da variação de energia potencial do sistema *bola* + *Terra*.

(C) $\frac{2}{3}mgh$ e simétrica da variação de energia potencial do sistema *bola* + *Terra*.

(D) $\frac{1}{3}mgh$ e simétrica do trabalho realizado pelo peso.

2. Deixaram-se cair da mesma altura, e sobre o mesmo piso, duas bolas diferentes, A e B. Com uma fita métrica mediram-se as respetivas alturas de primeiro ressalto, realizando-se três ensaios para cada bola. Os registos encontram-se na tabela seguinte.

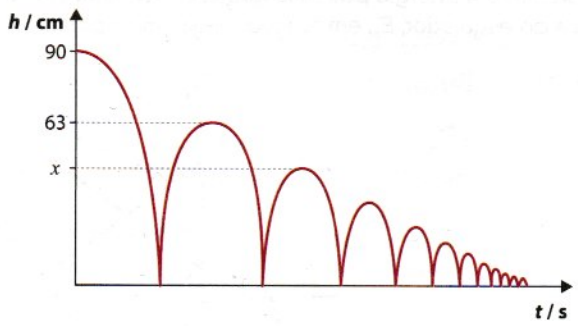
	Altura de ressalto / cm		
A	62,20	62,30	62,40
B	65,40	64,50	65,10

2.1 Apresente os resultados das medidas da altura de ressalto para a bola A e para a bola B.

2.2 Compare a incerteza relativa percentual associada às medidas de A e de B e avalie a sua precisão.

2.3 O procedimento foi repetido para várias alturas de queda. Com os dados adquiridos construíram-se gráficos $h_r(h_q)$, sendo h_r e h_q a altura de ressalto e a altura de queda da bola, respetivamente. Indique, justificando, para que bola é esperada uma reta de maior declive.

3. Um sensor de posição registou as sucessivas alturas de uma bola, de massa m, que foi abandonada de uma altura de 90 cm do solo e ressaltou várias vezes. Construiu-se o gráfico seguinte.



3.1 O trabalho realizado pelo peso da bola, no deslocamento entre a posição em que é abandonada e a posição da altura máxima no primeiro ressalto, é

(A) $10\ m\ (0{,}90 - 0{,}63)$.

(B) $-10\ m\ (0{,}90 - 0{,}63)$.

(C) $10\ m\ (0{,}90 + 0{,}63)$.

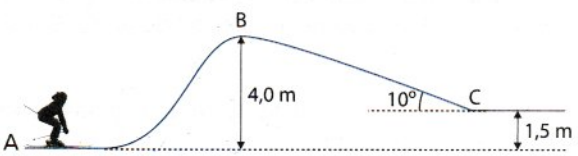
(D) $-10\ m\ (0{,}90 + 0{,}63)$.

3.2 Qual é o módulo da velocidade da bola ao abandonar o solo no primeiro ressalto?

3.3 Admitindo que a percentagem de energia dissipada em todas as colisões com o solo é a mesma, determine o valor de x assinalado no gráfico e a percentagem de energia dissipada na colisão com o solo.

Grupo III

Observe a figura seguinte: um esquiador de 60 kg passa na posição A com uma certa velocidade e chega à posição B com velocidade de módulo 12 m s^{-1}. Entre B e C há uma rampa. É desprezável o atrito entre A e C. A partir de C há uma zona plana de travagem onde a intensidade da força de atrito é 20% da intensidade do peso do esquiador. Despreze a resistência do ar e considere o movimento do centro de massa do esquiador.



1. Sendo ΔE_c a variação da energia cinética do esquiador e ΔE_p a variação da energia potencial do sistema *esquiador* + *Terra*, qual das seguintes relações é correta?

(A) $\Delta E_c < 0$ e $\Delta E_p > 0$ no percurso de B para C.

(B) $\Delta E_c < 0$ e $\Delta E_p < 0$ no percurso de A para B.

(C) $\Delta E_c < 0$ e $\Delta E_p > 0$ no percurso de A para C.

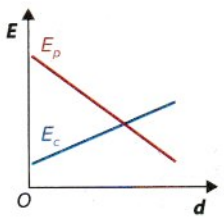
(D) $\Delta E_c = -\Delta E_p$ no percurso a partir de C.

2. Determine o módulo da velocidade do esquiador na posição A.

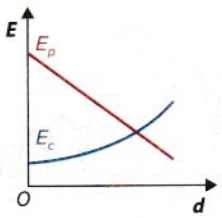
3. Considere o percurso entre B e C.

3.1 Tomando como nível de referência para a energia potencial gravítica o que passa em A, que opção representa a energia potencial gravítica do sistema *esquiador* + *Terra*, E_p, e a energia cinética do esquiador, E_c, em função da distância percorrida, d?

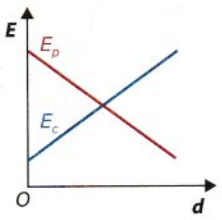
(A)



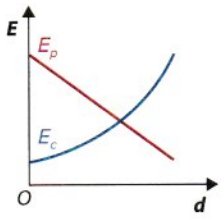
(B)



(C)



(D)



3.2 Determine o trabalho realizado pela resultante das forças.

3.3 Que opção indica, respetivamente, a intensidade da componente do peso do esquiador, responsável pelo movimento entre B e C, e a intensidade da força exercida pelo plano sobre ele nesse trajeto?

(A) 60 g sin 10° e 60 g cos 10°

(B) 60 g sin 80° e 60 g cos 80°

(C) 60 g cos 10° e 60 g cos 10°

(D) 60 g sin 80° e 60 g cos 10°

4. Considere o percurso a partir de C.

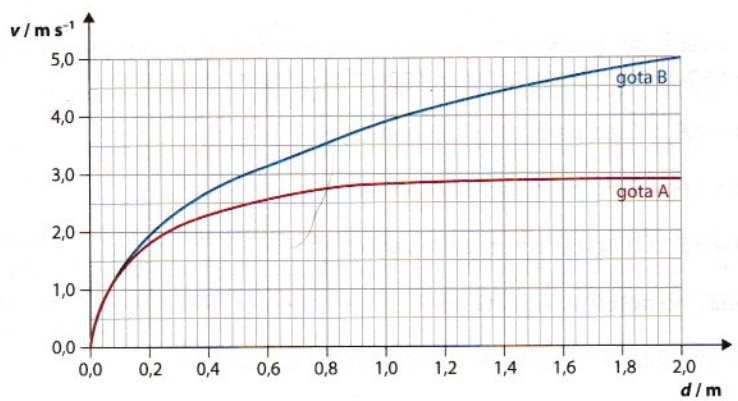
4.1 Mostre que o gráfico da energia cinética, E_c, em função da distância percorrida, d, é uma reta, indicando o significado físico do seu declive e da ordenada na origem.

4.2 Entre C e uma posição D o módulo da velocidade reduz-se 50%. Mostre que se dissipa 75% de energia.

Grupo IV

E Devido à resistência do ar, corpos que chegariam à superfície terrestre com velocidades elevadas atingem-na com menor energia cinética. É o caso das gotas de água e dos paraquedistas: para além da força gravítica, $\vec{F}_g$, ficam sob a ação da resistência do ar, $\vec{F}_{ar}$. Considere esses corpos redutíveis a partículas.

1. Observe os gráficos do módulo da velocidade, v, de duas gotas de água, A e B, em queda vertical, em função da distância percorrida, d.



1.1 Na queda de 2,0 m da gota B, o trabalho realizado

(A) por $\vec{F}_g$ é igual à variação de energia potencial do sistema *gota* + *Terra*.

(B) por $\vec{F}_{ar}$ é negativo, assim como a variação da energia cinética da bola.

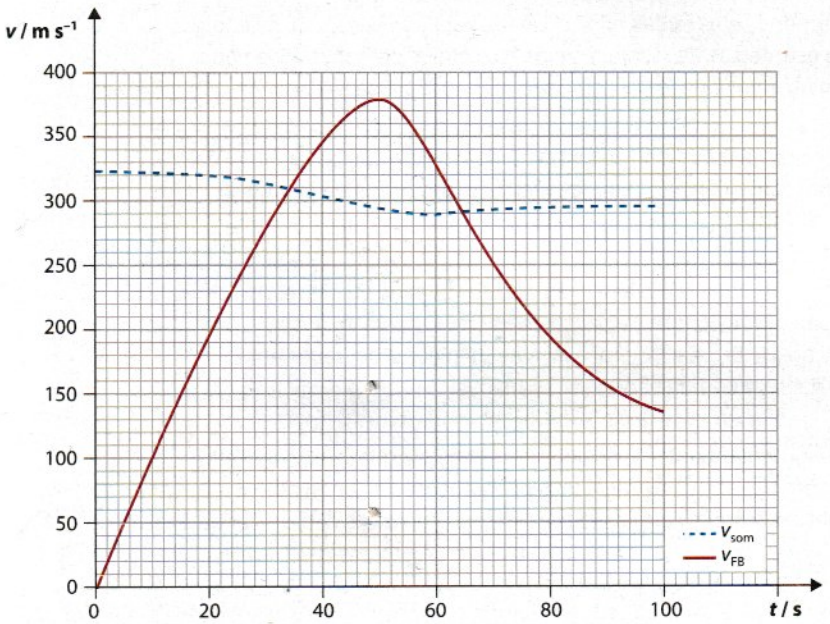
(C) por $\vec{F}_g$ é maior do que o módulo do trabalho realizado por $\vec{F}_{ar}$.

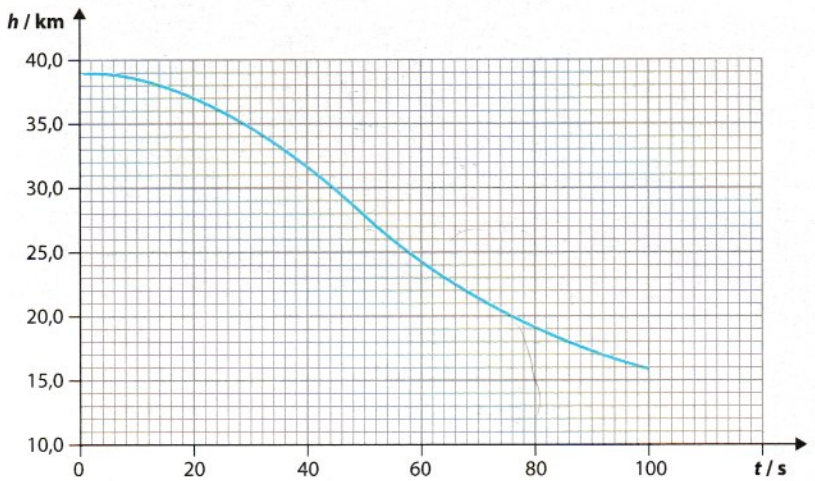
(D) pela resultante das forças é positivo, assim como a variação da energia mecânica da bola.

1.2 Determine a energia dissipada na queda de 2,0 m da gota B, de massa 4,2 mg.

1.3 Prove que são iguais as intensidades do peso e da resistência do ar nos últimos 0,8 m de queda da gota A.

2. Em 2012, o paraquedista austríaco Felix Baumgartner (FB) quebrou a barreira do som num salto a partir da estratosfera. Observe os gráficos dos módulos da velocidade, *v*, de FB e do som (linha a tracejado), e da altura, *h*, de FB, em função do tempo de queda, *t*. Compare, no que respeita à ordem de grandeza, as diminuições de energia cinética de FB e de energia potencial gravítica do sistema *FB* + *Terra* no intervalo de tempo em que FB superou a velocidade do som.



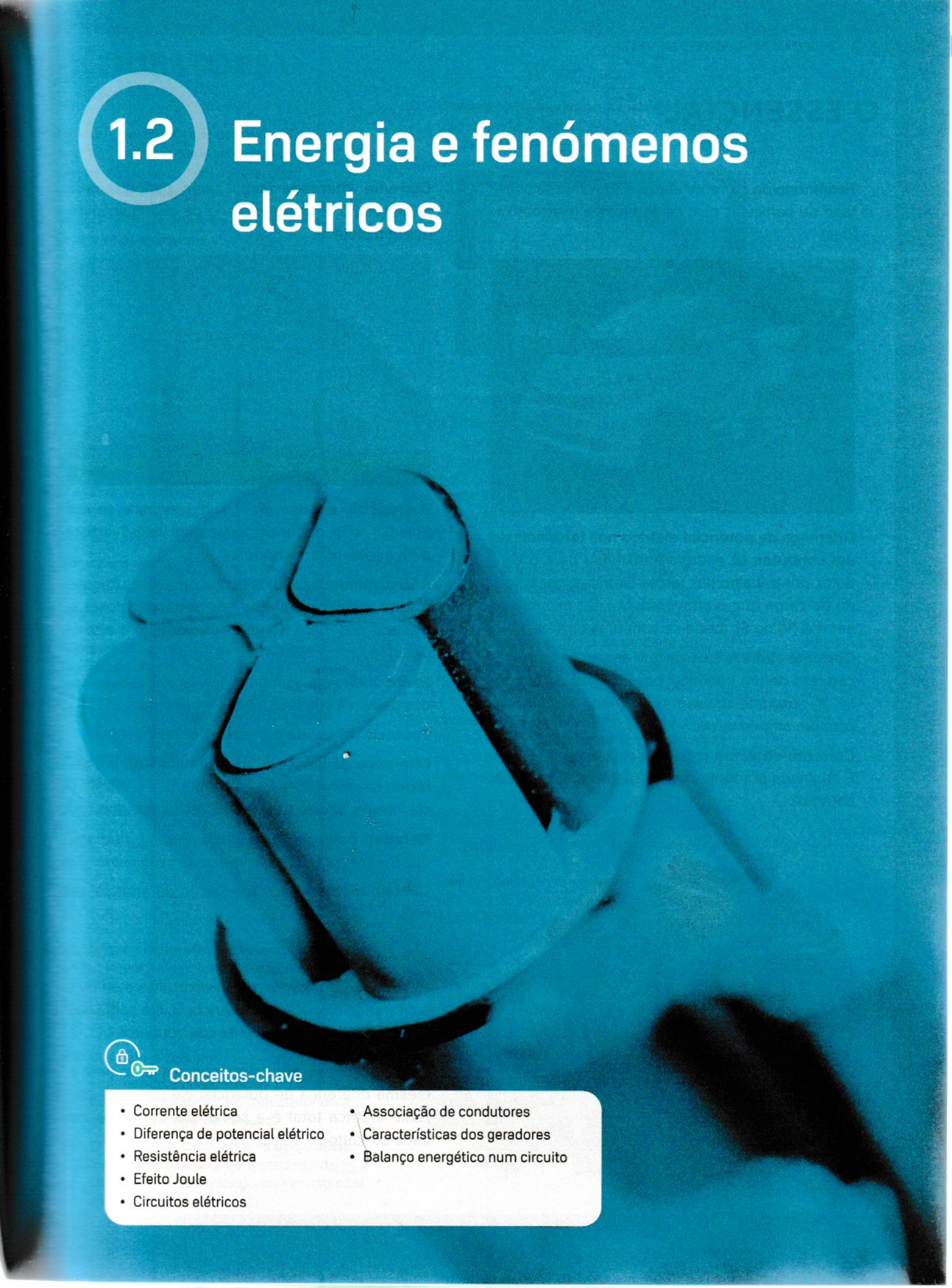


1.1 Energia e movimentos

No final deste subdomínio já deverá ser capaz de:

- Compreender as transformações de energia num sistema mecânico redutível ao seu centro de massa, em resultado da interação com outros sistemas.
- Interpretar as transferências de energia como trabalho em sistemas mecânicos, e os conceitos de força conservativa (aplicando o conceito de energia potencial gravítica) e de força não conservativa (aplicando o conceito de energia mecânica).
- Aplicar, na resolução de problemas, a relação entre os trabalhos (soma dos trabalhos realizados pelas forças, trabalho realizado pelo peso e soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas) e as variações de energia, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
- Analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação ou da variação da energia mecânica, identificando transformações de energia e transferências de energia.
- Estabelecer experimentalmente a relação entre a variação de energia cinética e a distância percorrida por um corpo, sujeito a um sistema de forças de resultante constante, usando processos de medição e de tratamento estatístico de dados e comunicando os resultados.
- Investigar, experimentalmente, o movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola, com base em considerações energéticas, avaliando os resultados, tendo em conta as previsões do modelo teórico, e comunicando as conclusões.

1.2 Energia e fenómenos elétricos



Conceitos-chave

- Corrente elétrica
- Diferença de potencial elétrico
- Resistência elétrica
- Efeito Joule
- Circuitos elétricos
- Associação de condutores
- Características dos geradores
- Balanço energético num circuito

O ESSENCIAL

- **Fenómeno da corrente elétrica:** movimento orientado de partículas com carga elétrica (eletrões ou iões).

- **Diferença de potencial elétrico nos terminais de um condutor, *U*:** energia transferida para o condutor, por trabalho das forças elétricas, por unidade de carga que o atravessa: $U = \frac{E}{Q}$; exprime-se em volt (V) no SI; mede-se com um voltímetro.
- **Corrente elétrica, *I*:** carga que atravessa uma secção reta de um condutor por unidade de tempo: $I = \frac{Q}{\Delta t}$; exprime-se em ampere (A) no SI; mede-se com um amperímetro.
- **Corrente contínua (cc):** I é constante no tempo. É originada por fontes de tensão contínua (pilhas, baterias).

- **Corrente alternada (ca):** I varia periodicamente no tempo. É usada na rede de distribuição de energia elétrica.

- **Resistência elétrica, *R*:** $R = \frac{U}{I}$; exprime-se em ohm (Ω) no SI; depende do material (resistividade) e da geometria do condutor.
- **Resistividade:** baixa nos bons condutores (metais e ligas metálicas), média nos semicondutores e elevada nos maus condutores; varia com a temperatura.
- **Efeito Joule:** aquecimento dos condutores elétricos devido à sua resistência; é baixo num LED.
- **Potência dissipada** por efeito Joule: $P = R\,I^2$.
- **Diferença de potencial nos terminais de um gerador:** $U = \varepsilon - r\,I$ (ε, força eletromotriz, e r, resistência interna, são as características do gerador).
- **Gerador:** potência do gerador, $P = \varepsilon\,I$; potência útil: $P = U\,I$; potência dissipada: $P = r\,I^2$.
- **Circuito elétrico:** há conservação da energia, ou seja,

$$P_{\text{gerador}} = P_{\text{recetores}} + P_{\text{diss.gerador}}$$

- **Associação em série:** mesma corrente elétrica I; a diferença de potencial elétrico, U, é a soma das diferenças de potencial em cada condutor.
- **Associação em paralelo:** mesmos terminais e mesma diferença de potencial elétrico U; a corrente elétrica total é a soma das correntes em cada condutor.

QUESTÕES

- Na resposta a questões de escolha múltipla, selecione a única opção que permite obter uma afirmação verdadeira ou responder corretamente à questão colocada.
- Nas questões que envolvam cálculos, estes devem ser apresentados.
- Considere sempre os aparelhos de medida ideais, assim como os fios de ligação.

1.2.1 Energia e correntes elétricas

1.2.2 Grandezas elétricas: diferença de potencial elétrico e corrente elétrica. Corrente contínua e corrente alternada

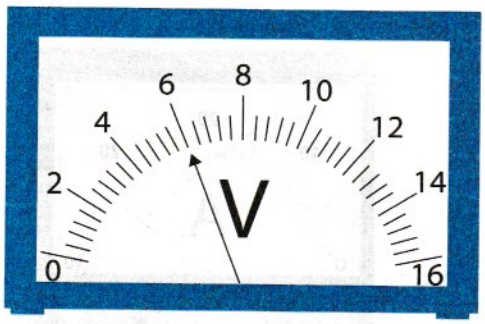
1. Existe uma corrente elétrica num metal quando há um movimento
   (A) não orientado de eletrões.
   (B) orientado de protões.
   (C) orientado de eletrões.
   (D) não orientado de iões.

2. Em qual dos conjuntos de materiais se pode criar uma corrente elétrica através do movimento de iões?
   (A) Corpo humano, atmosfera, lâmpada fluorescente.
   (B) Metais, grafite, ligas metálicas.
   (C) Metais, corpo humano, bola de plasma.
   (D) Corpo humano, fios metálicos, grafite.

3. Um volt é a diferença de potencial elétrico que corresponde a
   (A) 1 C s^{-1}.
   (B) 1 J C^{-1}.
   (C) 1 J s^{-1}.
   (D) 1 C J^{-1}.

4. Um gerador de tensão contínua estabelece uma diferença de potencial elétrico de 12 V num circuito, o que significa que o gerador transfere
   (A) 12 J para o circuito em cada segundo.
   (B) 12 J para o circuito.
   (C) 12 J para o circuito, através do trabalho das forças elétricas, no transporte de um eletrão ao longo do circuito.
   (D) 12 J para o circuito, através do trabalho das forças elétricas, no transporte de cargas elétricas ao longo do circuito com o valor de 1 C.

5. O aparelho de medida da figura mede a diferença de potencial elétrico nos terminais de um condutor.



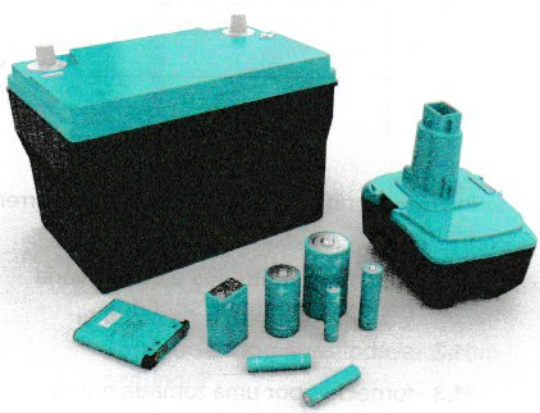
   5.1 Indique o nome do aparelho, o alcance e o resultado da medida.
   5.2 Qual é a energia transferida para o condutor por unidade de carga que o atravessa?

6. O que é um gerador de corrente contínua? Dê dois exemplos.

7. Uma corrente pode ser mais ou menos intensa, conforme o valor da grandeza corrente elétrica. Indique:
   7.1 o símbolo da grandeza;
   7.2 o nome e o símbolo da unidade SI;
   7.3 o nome do aparelho de medida que mede diretamente esta grandeza.

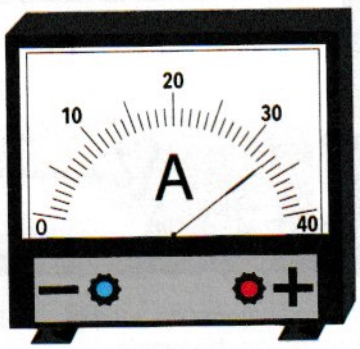
8. Uma corrente elétrica de 10 A é mais intensa do que outra corrente que atravessa um condutor onde passa, na sua secção transversal e durante um segundo, uma carga de
   (A) 20 C.
   (B) 20 000 mC.
   (C) 1 kC.
   (D) 1 C.

9. Qual é o sentido convencional da corrente num circuito alimentado por um gerador de tensão contínua?



10. Observe os aparelhos de medida I e II da figura. Indique os respetivos alcances e os resultados das medidas.

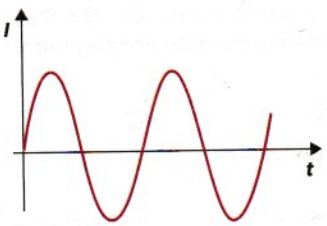
I



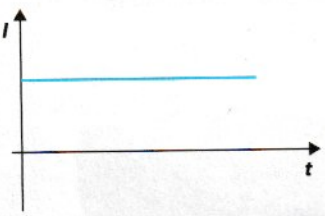
II

11. Os gráficos seguintes representam a corrente elétrica, *I*, que atravessa uma secção transversal de um condutor metálico, em função do tempo, *t*.

A



B



Indique o gráfico que representa uma corrente elétrica:

11.1 cujo movimento dos eletrões varia periodicamente de sentido;

11.2 simbolizada por cc ou dc;

11.3 fornecida por uma tomada numa habitação a um eletrodoméstico;

11.4 fornecida por uma pilha a uma calculadora;

11.5 fornecida por um carregador a um telemóvel.

12. Dois condutores I e II são percorridos por correntes contínuas de 10 A e de 500 mA, respetivamente. Num mesmo intervalo de tempo, a carga elétrica que passa numa secção transversal do condutor II é, relativamente à que passa no condutor I,

(A) 2 vezes maior.

(B) 20 vezes menor.

(C) 20 vezes maior.

(D) 2 vezes menor.

1.2.3 Grandezas elétricas: resistência elétrica de um condutor

13. O multímetro digital da figura está ligado diretamente aos terminais de um condutor filiforme quando ele não está inserido num circuito, marcando 10,00 kΩ.

13.1 Como se chama o aparelho na função selecionada?

13.2 Indique a grandeza medida e o resultado da medida, em ohms.

13.3 A grandeza medida depende

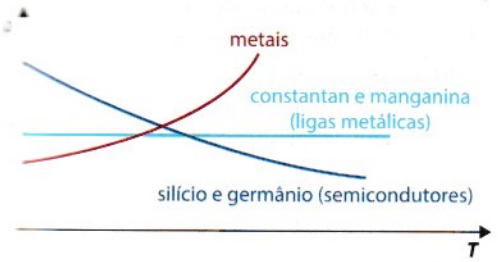
(A) só do material do condutor.

(B) só da temperatura do condutor.

(C) só da forma geométrica do condutor.

(D) do material, da forma geométrica e da temperatura do condutor.

Os materiais bons condutores elétricos (como os metais e ligas metálicas) têm baixa resistividade, ao contrário dos materiais maus condutores elétricos. A resistividade de um material varia com a temperatura.
O gráfico seguinte representa a resistividade, ρ, de classes de materiais em função da temperatura, T.



Considere os seguintes materiais: borracha, cobre, constantan e silício. Indique um material:

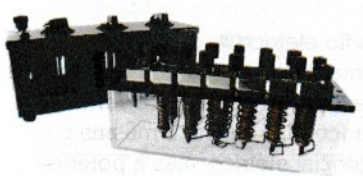
14.1 com elevada resistividade;

14.2 cuja resistividade aumente com a temperatura;

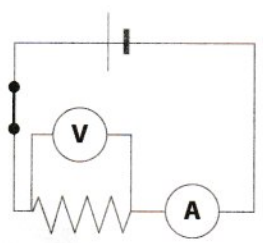
14.3 cuja resistividade diminua quando a temperatura aumenta;

14.4 cuja resistividade praticamente não varie quando há pequenas variações de temperatura;

14.5 que possa ser usado no fabrico de resistências padrão (por exemplo, reóstatos e caixas de resistências).

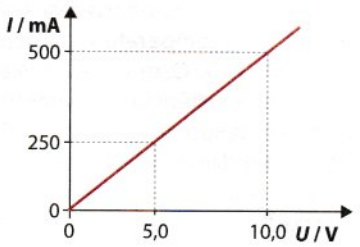


A uma fonte de tensão contínua está ligado um condutor metálico, como mostra a figura.



Pode-se aumentar a diferença de potencial elétrico fornecida pela fonte até 12 V, obtendo-se diferentes correntes no condutor.

O gráfico seguinte representa a corrente, I, que passa no condutor, em função da diferença de potencial, U, aplicada nos seus terminais.



15.1 A resistência do condutor

(A) diminui com a diferença de potencial elétrico aplicada.

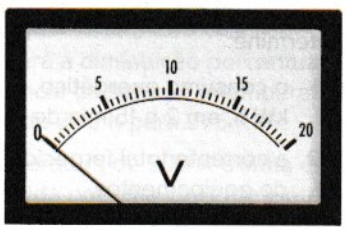
(B) aumenta com a diferença de potencial elétrico aplicada.

(C) é constante e independente da diferença de potencial elétrico aplicada.

(D) depende da corrente que atravessa o condutor.

15.2 Qual é a resistência do condutor quando o voltímetro marca 9,2 V?

15.3 Indique, justificando, se o voltímetro da figura seguinte poderá ser usado neste circuito.

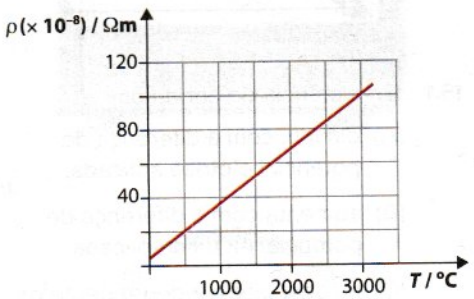


15.4 Para um dado valor da fonte de tensão, o amperímetro indica o seguinte registo:

a) Que carga passa na secção transversal do condutor durante um segundo?

b) Quanto marca o voltímetro?

16. As antigas lâmpadas de incandescência, agora proibidas, tinham um filamento de tungsténio. O gráfico seguinte representa a resistividade, ρ, desse material em função da temperatura, T. A resistência do filamento é diretamente proporcional à resistividade do material. Se a temperatura aumentar de 500 °C para 3000 °C, qual será o aumento percentual da resistência do filamento? Admita que é desprezável a alteração da sua forma devido à dilatação.



1.2.4 Energia transferida para um componente de um circuito elétrico. Efeito Joule

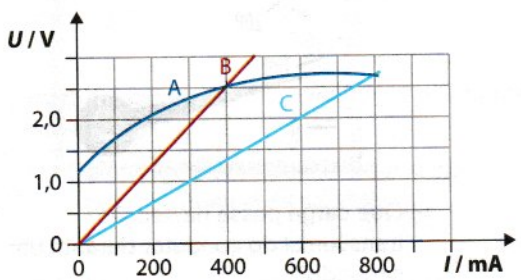
17. Numa habitação estão ligados, simultaneamente, um eletrodoméstico de 1000 W, outro de 500 W e quatro lâmpadas de 40 W, sendo 230 V a diferença de potencial elétrico fornecida nas tomadas. Determine:

17.1 o consumo energético, expresso em kW h, em 2 h 15 min de funcionamento;

17.2 a corrente total fornecida ao conjunto de equipamentos.

18. Numa habitação portuguesa, um forno elétrico é percorrido por uma corrente de 10 A durante 4,0 min. Quantas horas teria de estar ligada uma lâmpada de 40 W para ter o mesmo consumo energético?

19. O seguinte gráfico U (I) refere-se a três condutores elétricos, A, B e C.



19.1 Ordene os condutores de resistência constante por ordem crescente de resistência.

19.2 Compare, justificando, as resistências dos condutores A e B quando percorridos por correntes iguais e inferiores a 400 mA.

19.3 Que energia é dissipada em C, em 2,0 min, quando é percorrido por uma corrente de 250 mA?

19.4 Determine a potência dissipada em B quando a diferença de potencial nos seus terminais é 1,0 V.

20. Um secador de cabelo tem os seguintes valores nominais: 500 W, 230 V.

20.1 Em que efeito se baseia o seu funcionamento?

20.2 Supondo que funciona segundo os valores nominais, determine:

a) a corrente que o percorre e a sua resistência;

b) a energia que fornece durante meia hora;

c) o tempo que teria de estar ligado para ter um consumo energético de 1,5 kW h.

20.3 O secador vai ser utilizado num país onde a tensão nas tomadas é metade do seu valor nominal. Indique, justificando sem cálculos, que alterações se esperam para a corrente que o percorrerá e para a potência que ele disponibilizará.

21. Um fio elétrico A, de resistência R, é sujeito a uma diferença de potencial elétrico e atravessado por uma corrente I. Um outro elétrico, B, é sujeito à mesma diferença de potencial elétrico, mas a potência dissipada é um terço da potência dissipada pelo fio A. A corrente que passa no fio B e a sua resistência são, respetivamente:

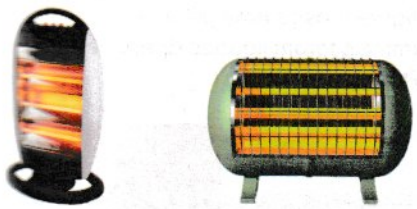
(A) $3I$ e $3R$.

(B) $\frac{I}{3}$ e $\frac{R}{3}$.

(C) $\frac{I}{3}$ e $3R$.

(D) $3I$ e $\frac{R}{3}$.

Um aquecedor M, com resistência R, dissipa uma certa energia quando ligado a uma tomada de 220 V. Outro aquecedor, N, é sujeito a uma tensão de 110 V.



22.1 Se N disponibilizar a mesma energia de M, no mesmo intervalo de tempo, a resistência de N será

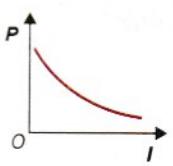
(A) $\frac{R}{4}$. (B) $4R$. (C) $\frac{R}{2}$. (D) $2R$.

22.2 Qual será a razão entre as resistências de M e de N, $\frac{R_M}{R_N}$, se, no mesmo intervalo de tempo, N dissipar o dobro da energia de M?

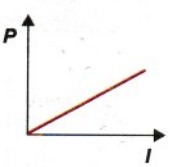
Considere um eletrodoméstico, puramente resistivo, cuja potência se pode mudar variando a sua resistência. O eletrodoméstico é ligado a uma tomada de uma habitação.

23.1 Qual dos gráficos representa a potência do eletrodoméstico em função da corrente elétrica que o percorre, ou seja, a função $P(I)$?

(A)



(C)

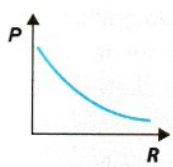


(B)

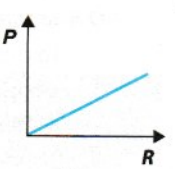
(D)

23.2 Qual dos gráficos representa a potência do eletrodoméstico em função da sua resistência elétrica, ou seja, a função $P(R)$?

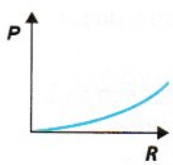
(A)



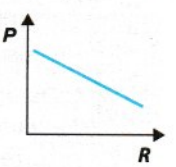
(C)



(B)



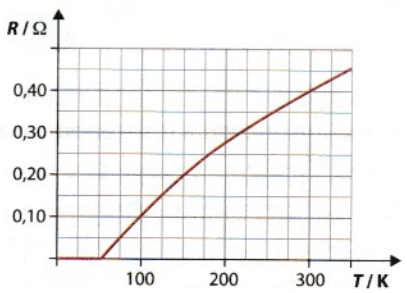
(D)



E 24. O funcionamento de um termómetro digital baseia-se na variação da resistência elétrica de um fio condutor (constituinte do termómetro) com a temperatura. Para que o termómetro funcione adequadamente, a variação da potência dissipada por efeito Joule, no fio, deve ser desprezável. Considere que a resistência elétrica do fio aumenta 3,85 Ω por cada 10 °C de aumento de temperatura. Numa experiência em que se utiliza o termómetro para medir a temperatura, o seu fio é percorrido por uma corrente constante de $9{,}0 \times 10^{-4}$ A. Verifique que, entre 5,2 °C e 27,9 °C, o aumento da potência dissipada naquele fio foi inferior a 10^{-5} W, sendo, por isso, desprezável.

25. Uma linha de transmissão de energia elétrica, em corrente contínua, é feita de alumínio.

O gráfico seguinte representa a resistência da linha em função da temperatura. Suponha que a linha é um condutor puramente resistivo. Considere 0 °C = 273,15 K (escala de Kelvin).

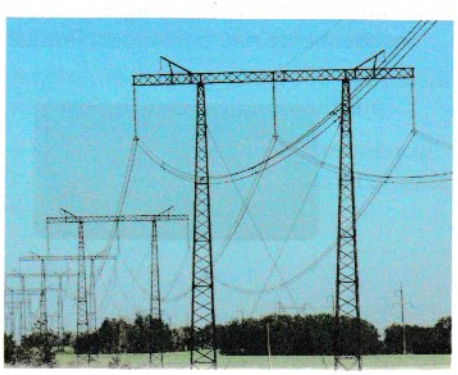


25.1 Qual será a diminuição percentual da resistência da linha se a temperatura baixar de 300 K para 275 K?

25.2 À temperatura de 300 K a linha é percorrida por uma corrente elétrica de 1,0 kA. Que energia, expressa em kW h, é dissipada durante uma hora?

25.3 Que corrente passaria na linha se houvesse um abaixamento de temperatura para 100 K, mas a potência dissipada fosse a mesma que na alínea **25.2**?

25.4 Para temperaturas muito baixas, a resistência da linha é praticamente nula e o material diz-se um condutor perfeito. Para que temperaturas ocorrerá esse fenómeno?



26. Um condutor A, de resistência R, dissipa uma certa energia, num dado intervalo de tempo, quando sujeito a uma diferença de potencial elétrico. Outro condutor B dissipa metade dessa energia, no mesmo intervalo de tempo, quando é sujeito a uma diferença de potencial elétrico que é dupla de A. A resistência de B é

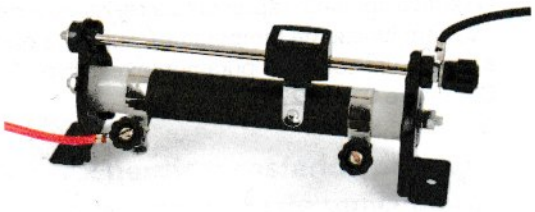
(A) $8R$.

(B) $\frac{R}{8}$.

(C) $\frac{R}{4}$.

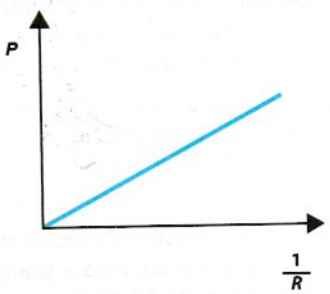
(D) $4R$.

27. A um reóstato é aplicada uma diferença de potencial elétrico constante de 10 V. Ao variar o comprimento do fio inserido no circuito, altera-se a resistência do reóstato.



27.1 Mostre que a potência dissipada é mínima quando a resistência é máxima no reóstato.

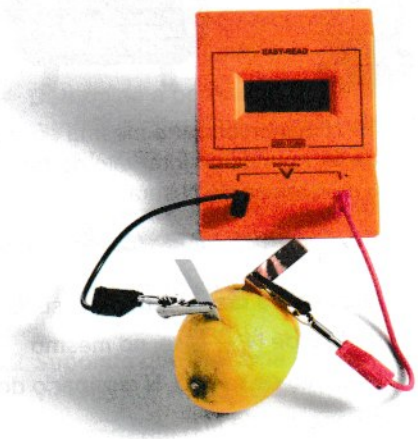
27.2 O gráfico seguinte representa a potência, P, dissipada no fio em função do inverso da sua resistência, $\frac{1}{R}$, quando se varia a posição do cursor no reóstato. Qual é o significado físico do declive da reta? Indique o seu valor nesta situação.



28. O mostrador digital do relógio da figura está permanentemente ligado, mas o seu aquecimento não é perigoso. Porquê?

1.2.5 Características de um gerador de tensão contínua. Balanço energético num circuito

29. A figura mostra uma pilha caseira cujos terminais foram ligados diretamente a um voltímetro.

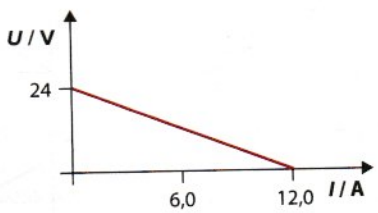


29.1 Apresente o resultado da medição.

29.2 Que energia é transferida para o fio condutor por unidade de carga que o atravessa?

29.3 Que tipo de corrente elétrica passa no circuito?

30. O seguinte gráfico representa a curva característica de uma pilha.



30.1 Represente um esquema do circuito que permita obter o gráfico anterior.

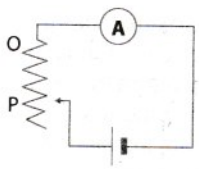
30.2 Indique as características da pilha.

30.3 Qual é a corrente máxima que pode passar na pilha?

30.4 Mostre, a partir do gráfico, que a corrente máxima (corrente de curto-circuito) se obtém quando a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha é nula, sendo dada pela razão $\frac{\varepsilon}{r}$, em que ε é a força eletromotriz da pilha e r a sua resistência.

30.5 Determine a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha se a corrente for 500 mA.

31. A força eletromotriz e a resistência de uma pilha são, respetivamente, 9,00 V e 1,00 Ω. A pilha está ligada a um amperímetro e a um reóstato, como mostra a figura.



31.1 Quando o cursor do reóstato está no ponto P, o amperímetro indica 850 mA. Determine:

a) a energia dissipada na pilha em 5,0 min;

b) a potência útil que a pilha disponibiliza;

c) a resistência do reóstato.

31.2 Indique, justificando, qual é a corrente que passa na pilha quando o cursor está no ponto O.

32. De modo a obter as características de um gerador de tensão contínua, um aluno liga-o a uma caixa de resistências e a um amperímetro. Instala ainda um voltímetro 1, ligado aos terminais da caixa de resistências, e um voltímetro 2, ligado aos terminais do gerador. Numa situação I, introduz uma resistência de 11,0 Ω na caixa e o amperímetro marca 1,0 A. Numa situação II, introduz uma resistência de 5,0 Ω e o amperímetro marca 2,0 A.

32.1 Represente o esquema do circuito.

32.2 Quanto marcará o voltímetro 1 nas situações I e II? E o voltímetro 2?

32.3 Determine a força eletromotriz e a resistência interna do gerador e trace a sua curva característica.

32.4 Verifique em que situação foi maior a potência dissipada na caixa de resistências.

33. A figura seguinte mostra palha-de-aço em combustão quando intercalada nos terminais de uma pilha. Explique o que observa.

34. Uma pilha é ligada diretamente a um voltímetro, tendo este registado o valor mostrado na figura seguinte.

34.1 Que grandeza mede o voltímetro? Justifique o procedimento anterior para medir essa grandeza.

34.2 Indique o resultado da medida.

34.3 Esta pilha foi ligada a uma lâmpada miniatura de incandescência e a um amperímetro, que marcou 200 mA. Um voltímetro mediu a diferença de potencial elétrico nos terminais da lâmpada, marcando 1,15 V. Determine:

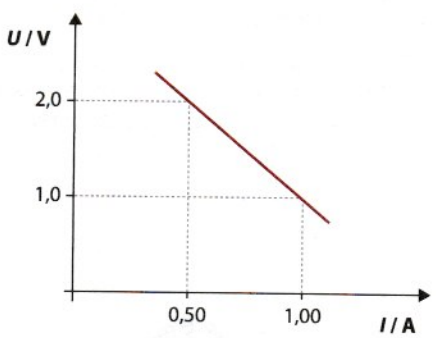
a) a resistência da lâmpada;

b) a potência dissipada na lâmpada;

c) a resistência interna da pilha;

d) a potência que a pilha disponibilizaria se fosse ideal (resistência interna nula). Mostre, partindo desse valor, que o rendimento da pilha seria 91%.

35. O gráfico $U(I)$ da figura seguinte refere-se a uma pilha inserida num circuito.



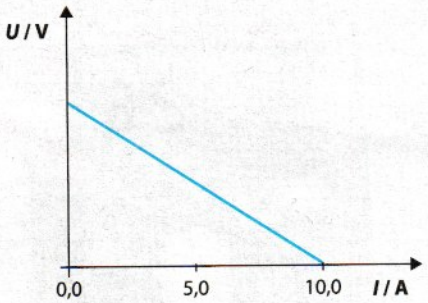
Determine:

35.1 a equação característica da pilha;

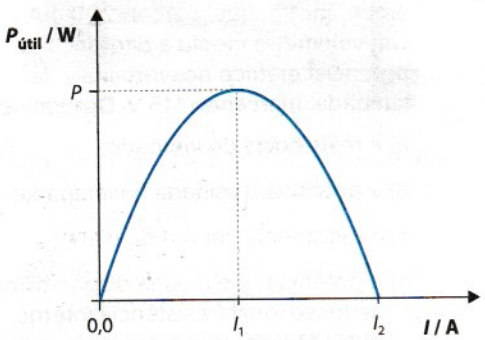
35.2 a corrente máxima que pode atravessar a pilha (corrente de curto-circuito);

35.3 a energia dissipada na sua resistência interna, em 10,0 min, quando a corrente é 800 mA.

36. O gráfico seguinte mostra a curva característica de uma pilha, $U(I)$, sendo o módulo do declive da reta igual a 3,0 (na unidade SI).



Para a mesma pilha, traçou-se o gráfico da sua potência útil, $P_{útil}$, em função da corrente que a percorre, I. Sabe-se que a potência útil de uma pilha é máxima quando a corrente que a percorre é metade da corrente máxima (corrente de curto-circuito).



36.1 Indique os valores de I_1 e I_2.

36.2 Determine a potência útil máxima, P, que a pilha pode disponibilizar. Comece por determinar a resistência interna e a força eletromotriz da pilha.

36.3 Mostre que o rendimento da pilha é 50% quando a potência útil é máxima e indique o significado desse valor.

1.2.6 Associações de componentes elétricos em série e em paralelo

37. Associaram-se em série quatro pilhas de 1,5 V, sendo o conjunto ligado a duas lâmpadas miniatura iguais, também em série, e a um amperímetro que marcou 200 mA. Foram instalados dois voltímetros para medir a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada. Considere as pilhas ideais e admita que as lâmpadas são condutores puramente resistivos.

37.1 Represente o esquema do circuito.

37.2 Os aparelhos de medida são ideais. Por que razão se pode desprezar a energia neles dissipada?

37.3 Determine:

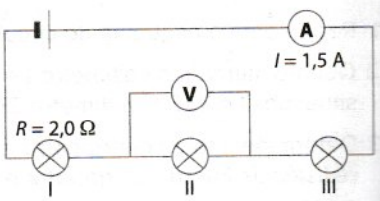
a) a energia disponibilizada pelas pilhas em 3,0 min;

b) o valor marcado em cada voltímetro;

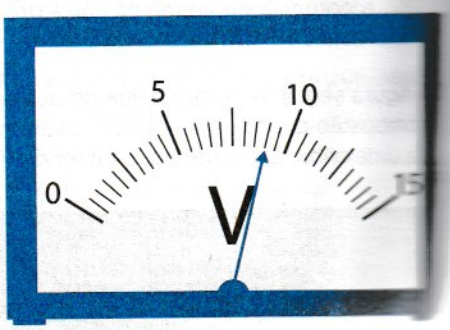
c) a potência dissipada em cada lâmpada;

d) a resistência de cada lâmpada.

38. No seguinte esquema de circuito há três lâmpadas, I, II e III, e um gerador de tensão contínua cuja força eletromotriz é 22 V. A lâmpada III dissipa uma potência de 13,5 W. Considere as lâmpadas condutores puramente resistivos.



A figura mostra o valor marcado no voltímetro



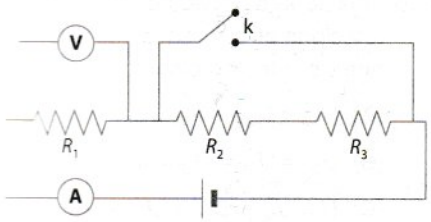
38.1 Apresente o resultado da medição o voltímetro.

38.2 Determine as resistências das lâmpadas II e III.

38.3 Determine a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador de tensão e indique, justificando, se é possível usar o voltímetro da figura anterior na sua medição.

38.4 Trace a curva característica do gerador, indicando nela a força eletromotriz e a corrente máxima. Comece por determinar a resistência interna do gerador.

39. Observe o seguinte esquema de circuito. As resistências dos condutores 1, 2 e 3 é tal que $R_1 = 2R_2 = 3R_3$.



39.1 Considere o interruptor k fechado.

a) Indique, justificando, em que condutor(es), 1, 2 ou 3, passará corrente elétrica.

b) Compare a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador com o valor marcado no voltímetro.

c) Compare, justificando, a força eletromotriz do gerador com o valor marcado no voltímetro.

39.2 Considere o interruptor k aberto.

Sejam U_1, U_2, U_3 e U as diferenças de potencial, respetivamente, nos terminais de R_1, R_2, R_3 e do gerador.

a) Ordene por ordem decrescente as potências dissipadas nos condutores 1, 2 e 3.

b) Mostre que:

$$U_1 = 2U_2 = 3U_3 \text{ e } U = \frac{11}{6}U_1$$

40. Três condutores metálicos são associados e o conjunto é ligado a uma pilha. Selecione a opção que completa corretamente a frase seguinte:

Se a associação for em ..., a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada condutor será ... à diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha e a corrente que passa em cada condutor será ... à corrente que percorre o gerador.

(A) série ... igual ... igual

(B) série ... inferior ... inferior

(C) paralelo ... inferior ... inferior

(D) paralelo ... igual ... inferior

41. Em nossas casas, os aparelhos elétricos são instalados em paralelo, fornecendo as tomadas 230 V. Ligam-se em simultâneo um secador de cabelo de 750 W, um aquecedor de 1250 W e uma placa elétrica de 1000 W. Admita que os aparelhos estão a funcionar de acordo com as condições nominais.

41.1 Se os aparelhos estiverem ligados 15 min, qual será o consumo energético, expresso em kW h?

41.2 Determine a corrente que passa em cada aparelho e a corrente total disponibilizada para o seu funcionamento simultâneo.

42. Um fusível é um condutor de muito baixa resistência (ou seja, desprezável) que se usa para proteger circuitos elétricos. É ligado em série com o componente elétrico que se pretende proteger: se a corrente elétrica ultrapassar um certo valor, o fio fundirá devido ao efeito Joule, protegendo o circuito.

Uma fonte de tensão disponibiliza 25 V e tem um fusível de 10 A. Quantas lâmpadas de 40 W se podem ligar em paralelo nesse circuito, de modo a não queimar o fusível?

43. As resistências de carvão são muito usadas em circuitos eletrónicos.
Duas resistências de carvão, de 1,0 kΩ e 2,0 kΩ, são associadas em paralelo e ligadas a uma fonte de tensão contínua que fornece 40 V.

43.1 Determine a potência dissipada em cada resistência.

43.2 Prove que a corrente que atravessa a fonte de tensão é 60 mA.

43.3 Determine a resistência interna da fonte de tensão, sabendo que ela apenas disponibiliza 89% da sua energia às resistências de carvão.

44. Três torradeiras iguais foram compradas num país onde as tomadas das habitações fornecem 110 V. Os valores nominais dos aparelhos são: 500 W, 110 V. Pretende-se usar as torradeiras em Portugal, onde as tomadas fornecem 230 V.

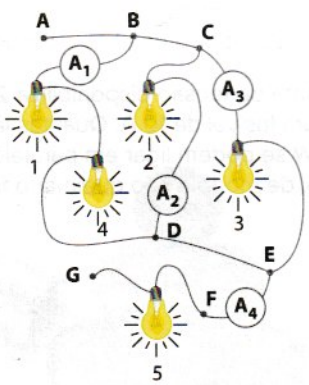
44.1 Indique, justificando, se podemos ligar cada torradeira diretamente à tomada.

44.2 Indique, justificando, se podemos associar em paralelo as torradeiras e ligar o conjunto à tomada.

44.3 Mostre que é possível associar em série as torradeiras e ligar o conjunto à tomada. Qual será, nesse caso, a potência dissipada em cada torradeira?

44.4 Qual será o modo mais prático de usar essas torradeiras em Portugal sem fazer qualquer tipo de associação?

45. No esquema seguinte, as lâmpadas têm igual resistência e os amperímetros são ideais.
Os pontos A e G do circuito foram ligados aos terminais de um gerador de tensão contínua, sendo U a diferença de potencial nos seus terminais.



45.1 Dê exemplo de duas lâmpadas associadas em paralelo e de duas lâmpadas associadas em série.

45.2 Represente o esquema do circuito.

45.3 Indique, justificando, se há diferença no brilho das lâmpadas 2 e 3.

45.4 Os valores marcados nos amperímetros A_1, A_2, A_3 e A_4 são, respetivamente, I_1, I_2, I_3 e I_4. Qual das opções é correta?

(A) $I_1 < I_2 = I_3 < I_4$

(B) $I_1 > I_2 = I_3 < I_4$

(C) $I_1 = I_2 = I_3 > I_4$

(D) $I_1 + I_2 + I_3 < I_4$

45.5 Selecione a opção correta que relaciona as diferenças de potencial entre pontos do circuito.

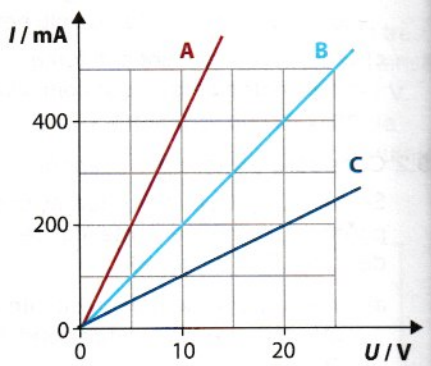
(A) $U_{BD} \neq U_{CD} = U_{CE}$

(B) $U_{BC} = U_{DE} = U_{EF} = 0$

(C) $U = U_{BD} + U_{CD} + U_{CE} + U_{FG}$

(D) $U \neq U_{BD} + U_{FG}$

46. Três condutores puramente resistivos, A, B e C, comportam-se de acordo com o gráfico seguinte a uma dada temperatura.



46.1 Coloque por ordem crescente as resistências dos condutores.

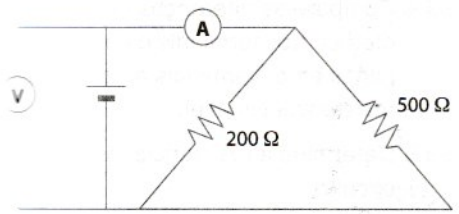
46.2 Os condutores são associados em série e ligados a um gerador de tensão contínua, sendo atravessados por uma corrente elétrica de 200 mA. Determine:

a) a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador;

b) a potência total dissipada nos condutores.

46.3 Os condutores são associados em paralelo e ligados a um gerador, sendo 10 V a diferença de potencial elétrico nos seus terminais. Determine a corrente que atravessa o gerador.

47. Dois condutores puramente resistivos são associados, como mostra o seguinte esquema de circuito. O gerador de tensão tem uma resistência interna de 4,50 Ω e o voltímetro marca 12,0 V.

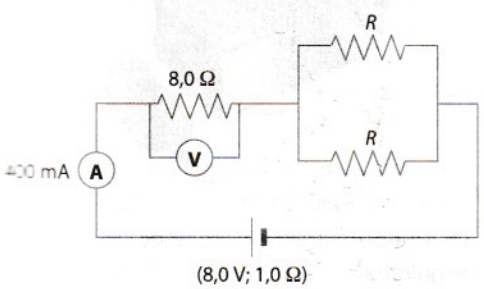


Determine:

47.1 a energia dissipada no condutor de maior resistência em 10,0 min;

47.2 o valor marcado no amperímetro e a força eletromotriz do gerador.

48. Observe o esquema de circuito e os dados apresentados.



Determine:

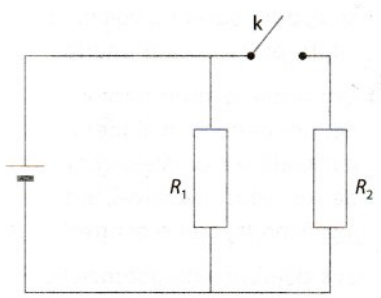
48.1 a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador;

48.2 a potência dissipada no gerador;

48.3 o valor indicado no voltímetro;

48.4 a corrente elétrica que passa em cada condutor de resistência R e o valor de R.

49. Dois condutores, de resistências R_1 e R_2, são associados, como mostra o seguinte esquema de circuito. Considere o gerador ideal.



49.1 Selecione a opção que completa a seguinte afirmação:

Quando se fecha o interruptor k, a diferença de potencial nos terminais do condutor de resistência R_1 ... e a corrente que nele passa ...

(A) diminui ... mantém-se.

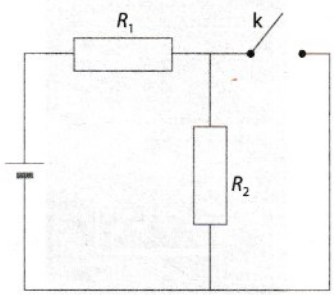
(B) mantém-se ... diminui.

(C) diminui ... diminui.

(D) mantém-se ... mantém-se.

49.2 Considere $R_1 > R_2$. Mostre que, quando o interruptor k está fechado, é maior a energia dissipada no condutor de menor resistência.

50. Dois condutores, de resistências R_1 e R_2, são associados, como mostra o seguinte esquema de circuito. Considere o gerador ideal.



Selecione a opção que completa a seguinte afirmação:

Quando se fecha o interruptor k, a diferença de potencial nos terminais do condutor de resistência R_1 ... e a corrente que nele passa ...

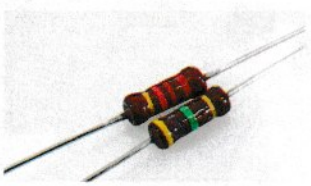
(A) aumenta ... mantém-se.

(B) mantém-se ... aumenta.

(C) aumenta ... aumenta.

(D) mantém-se ... mantém-se.

51. Dois condutores puramente resistivos, de resistências R_1 e $R_2 = 3R_1$, são associados em série e ligados a um gerador de tensão contínua. Um voltímetro ligado aos terminais do gerador marca 45,0 V e um amperímetro ligado em série com o gerador marca 50,0 mA.



51.1 Mostre que a resistência R_2 é igual a 675 Ω.

51.2 Em seguida, os condutores são associados em paralelo e é mantido o valor no voltímetro.

a) Mostre que, nesta situação, é maior o valor marcado no amperímetro.

b) Admita que a resistência interna do gerador é constante. Indique, justificando, em que tipo de associação dos condutores haverá maior dissipação de energia no gerador.

Atividades laboratoriais

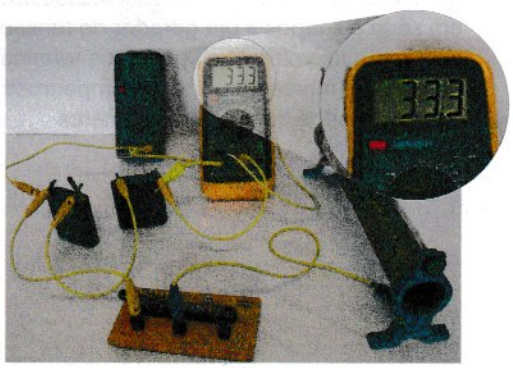
52. Observe o multímetro da figura.

52.1 Para que tipo de corrente, contínua ou alternada, está a ser usado o multímetro na escala selecionada?

52.2 Qual é o alcance na escala selecionada?

52.3 Indique o resultado da medida.

53. Um grupo de alunos efetuou a montagem laboratorial seguinte, utilizando duas pilhas iguais que tinham inscrito nos invólucros o valor de 4,5 V, indicando o voltímetro 8,11 V.



53.1 Identifique os restantes componentes do circuito.

53.2 Represente o esquema de circuito.

53.3 Indique o resultado da medida da corrente no SI, sabendo que o amperímetro mede miliamperes.

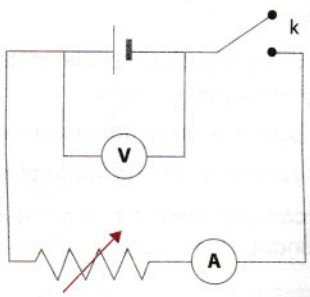
53.4 Compare as diferenças de potencial elétrico nos terminais da associação de pilhas e nos terminais do dispositivo de resistência variável.

53.5 Determine a resistência inserida no circuito.

53.6 Determine a potência dissipada na associação de pilhas.

54. Um grupo de alunos determinou experimentalmente as características de uma pilha nova cujo invólucro indicava 9 V.

Os alunos usaram o circuito do esquema seguinte.



54.1 Indique um exemplo de dispositivo que permita variar a resistência no circuito.

54.2 Indique, justificando, o valor que se espera obter no voltímetro se o interruptor k estiver aberto.

54.3 Considere o interruptor k fechado. Se, por engano, o amperímetro fosse instalado em paralelo com o dispositivo de resistência variável, indique, justificando, o que ocorreria:

a) à diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha;

b) à corrente no circuito;

c) ao amperímetro.

54.4 Os dados adquiridos pelos alunos, usando multímetros digitais, são os da tabela seguinte.

I (±0,01) / A	U (±0,01) / V
0,44	9,26
0,50	9,18
0,73	9,10
1,07	9,04
1,90	8,84
2,90	8,42
3,94	8,23
4,83	8,14

a) Os alunos começaram por introduzir uma certa resistência no dispositivo de resistência variável. Indique, justificando, se depois aumentaram ou diminuíram a resistência do circuito.

b) Determine a potência que a pilha transfere para o circuito quando a resistência introduzida é maior e quando é menor. Em que situação a pilha transfere mais rapidamente energia para o circuito?

c) Trace o gráfico $U = U(I)$ e determine a equação da reta de ajuste aos dados experimentais. Obtenha os valores experimentais da resistência interna e da força eletromotriz da pilha.

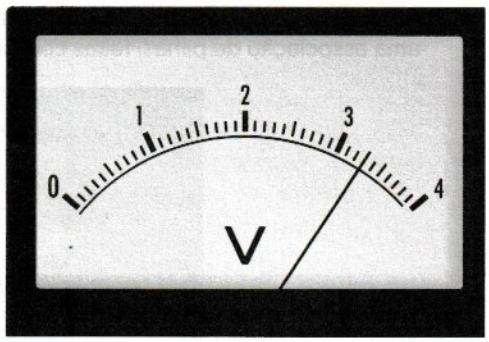
Um grupo de alunos determinou experimentalmente as características de duas pilhas iguais, uma mais usada do que outra, ambas com a inscrição de 4,5 V no invólucro. Após a aquisição de dados experimentais, em que usaram os mesmos componentes do circuito, obtiveram as seguintes equações para as retas de ajuste do gráfico $U = U(I)$:

Pilha A: $y = 3{,}89 - 31{,}2\,x$

Pilha B: $y = 3{,}76 - 41{,}2\,x$

55.1 Identifique, justificando, a pilha menos usada. Tomando como referência o valor apresentado no invólucro, obtenha o erro percentual para a medida da força eletromotriz dessa pilha.

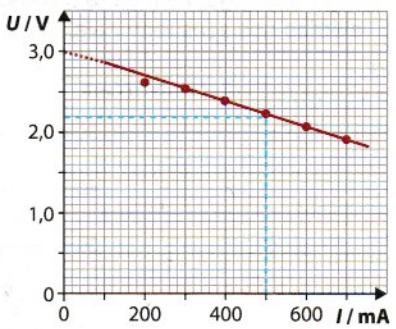
55.2 Uma medida obtida no voltímetro ligado aos terminais de cada pilha foi a da figura seguinte.



a) Apresente o resultado da medida.

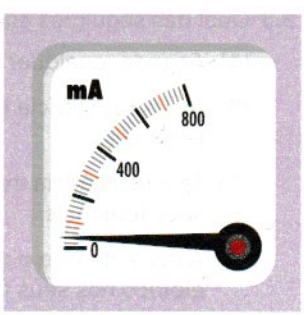
b) Verifique que a pilha A dissipa mais energia do que a pilha B quando as pilhas disponibilizam esta diferença de potencial elétrico.

56. Observe o gráfico $U = U(I)$ de uma pilha obtido numa atividade experimental.



56.1 Determine a potência dissipada na pilha se a corrente for 200 mA.

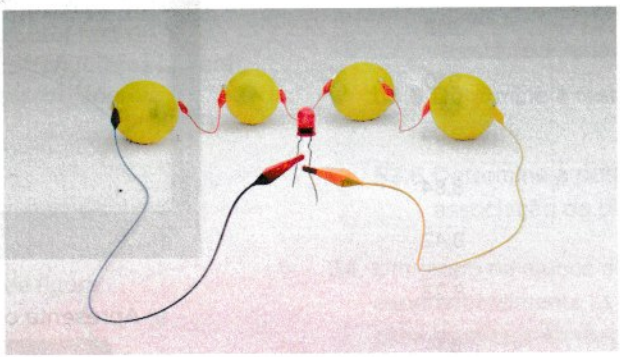
56.2 Mostre que o amperímetro da figura não é adequado para a aquisição dos dados experimentais. Comece por determinar a corrente máxima na pilha.



QUESTÕES GLOBAIS

Grupo I

A figura mostra um circuito elétrico em que uma diferença de potencial elétrico é fornecida por uma associação de pilhas, feitas com limões e moedas, a um LED.



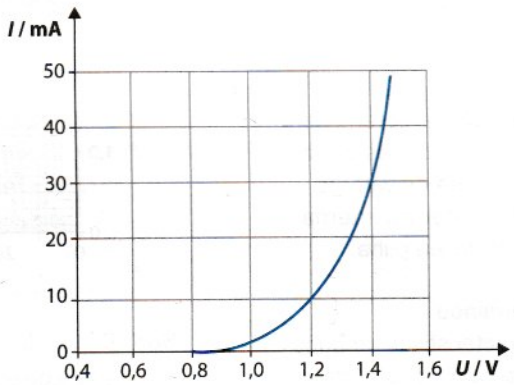
1. Que partículas com carga elétrica constituem a corrente elétrica:

   1.1 dentro dos limões?

   1.2 nos fios metálicos?

2. Que tipo de corrente é fornecida pela associação de pilhas?

3. O gráfico seguinte mostra o comportamento do LED quando se varia a diferença de potencial elétrico nos seus terminais.



   3.1 Indique, justificando, como se pode variar a diferença de potencial elétrico nos terminais do LED no circuito elétrico da figura anterior.

   3.2 Qual é a energia transferida para o LED, por unidade de carga que o atravessa, quando a corrente elétrica que nele passa é 10 mA?

   3.3 Qual das seguintes afirmações é correta para o LED?

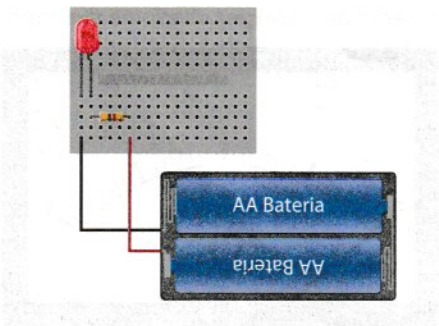
   (A) Acende, qualquer que seja a diferença de potencial elétrico nos seus terminais.

   (B) A sua resistência é independente da diferença de potencial elétrico nos seus terminais.

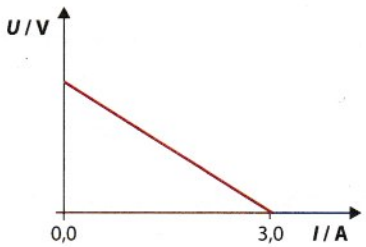
   (C) Tem resistência máxima quando é máxima a diferença de potencial elétrico nos seus terminais.

   (D) A corrente que o atravessa aumenta rapidamente quando a diferença de potencial elétrico nos seus terminais é superior a 1,4 V.

3.4 Pretende-se ligar esse LED a uma associação de duas pilhas em série cujos invólucros marcam 1,5 V. A corrente que otimiza o funcionamento do LED é 30 mA (correntes superiores diminuem o seu tempo de vida). Com esse objetivo, associa-se em série com o LED uma resistência de carvão, como mostra a figura seguinte.



O comportamento da associação de pilhas é descrito pelo seguinte gráfico $U(I)$.



Determine:

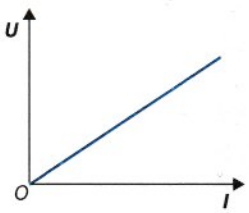
a) o valor da resistência associada;

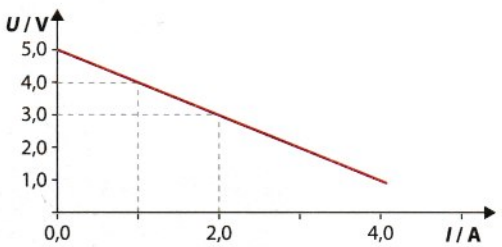
b) a energia transferida para o LED em 45 min;

c) a potência dissipada nas pilhas.

Grupo II

1. No laboratório estudaram-se as curvas características de uma lâmpada miniatura, de resistência 40 Ω, e de um gerador, obtendo-se os gráficos $U(I)$ da figura seguinte.





1.1 O declive da reta do gráfico $U(I)$ da lâmpada é

(A) 40 Ω.

(B) 40 Ω^{-1}.

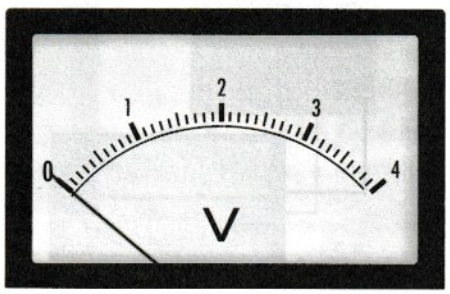
(C) $\frac{1}{40}$ Ω.

(D) $\frac{1}{40}\ \Omega^{-1}$.

1.2 Considere o gráfico $U(I)$ do gerador.

a) Indique, fundamentando, como se pode medir diretamente a força eletromotriz de um gerador.

b) Identifique o valor da força eletromotriz do gerador e indique, justificando, se o voltímetro da figura seguinte pode ser usado na sua medição direta.

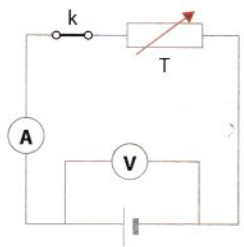


c) Descreva como poderia obter o gráfico $U(I)$ para o gerador, representando o esquema de circuito.

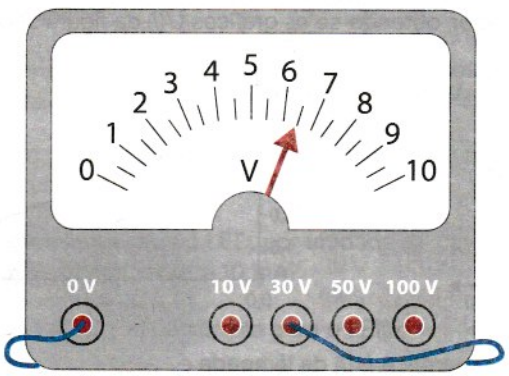
d) Determine a potência que se dissiparia no gerador se os seus terminais fossem ligados um ao outro.

1.3 Ligou-se a lâmpada ao gerador. Determine a corrente elétrica que atravessou o circuito.

2. No circuito elétrico representado no esquema seguinte o gerador é ideal e há um reóstato, T.



Com o interruptor k aberto, o voltímetro marca o valor indicado na figura.



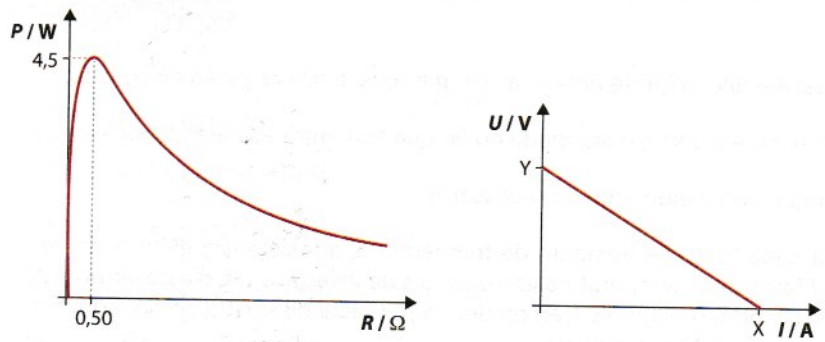
2.1 Esboce a curva característica para este gerador ideal.

2.2 Quando se introduz a resistência máxima no reóstato, o amperímetro marca 32,5 mA. Qual é o alcance do reóstato?

2.3 Indique, justificando, como varia a potência dissipada no reóstato quando se aumenta a sua resistência elétrica.

3. Ligou-se um condutor puramente resistivo, de resistência de 81 Ω, a uma associação de duas pilhas iguais em cujos invólucros está inscrito o valor de 9 V. A potência dissipada nesse condutor é 3,24 W. Determine a diferença de potencial elétrico nos terminais do condutor e a resistência interna da associação de pilhas.

4. Ligou-se um reóstato a uma pilha e a um amperímetro. Um voltímetro mediu a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha. Sabe-se que a potência útil máxima da pilha ocorre quando a resistência do reóstato é igual à resistência interna da pilha. Foi traçado o gráfico da potência útil, *P*, que a pilha podia disponibilizar ao reóstato em função da resistência do reóstato, *R*, assim como o gráfico *U* (*I*) para a pilha, como mostra a figura seguinte.

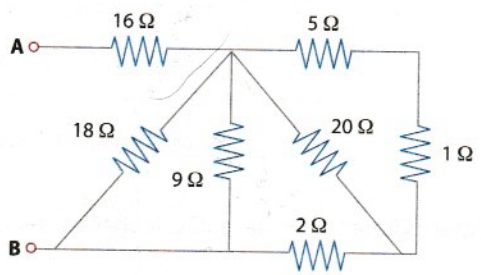


4.1 Determine X e Y no gráfico *U* (*I*).

4.2 Justifique, sem cálculos, que o rendimento do gerador será 50% quando a sua potência útil for máxima.

Grupo III

1. O esquema representa as resistências de associações de condutores. Os pontos A e B estão ligados a um gerador.



1.1 Indique as resistências de dois condutores:

a) que sejam percorridos por igual corrente elétrica;

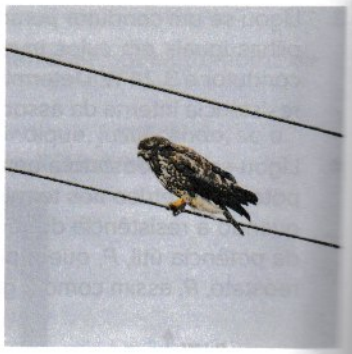
b) que têm igual diferença de potencial elétrico nos seus terminais;

c) que estejam associados em série;

d) que estejam associados em paralelo.

1.2 Indique a resistência do condutor que é percorrido pela maior corrente elétrica.

2. Um pássaro pousa num cabo de transmissão de energia elétrica. O cabo é atravessado por uma corrente elétrica de 1,0 kA e a sua resistência, por metro de cabo, é $6{,}0 \times 10^{-5}\ \Omega$. As patas de um pássaro estão à distância de 5,0 cm.



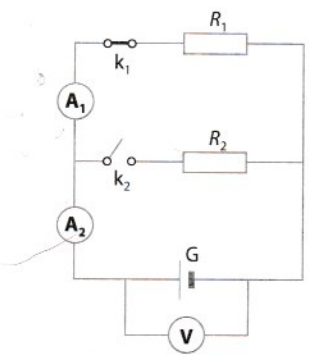
2.1 Qual é a diferença de potencial, em milivolts, entre as patas do pássaro?

2.2 Determine a energia dissipada no fio que fica entre as patas do pássaro, em 2,0 min.

2.3 Porque não é eletrocutado o pássaro?

2.4 Por cada 10 °C de aumento de temperatura, a resistência elétrica do fio aumenta 4%. A diferença de temperatura entre um dia de inverno e um dia de verão é 25 °C. Indique, justificando, o aumento percentual da potência dissipada no fio, admitindo que a corrente se mantém constante.

3. No seguinte esquema de circuito, R_1 e R_2 representam a resistência de dois condutores e G um gerador ideal.



3.1 Quando os dois interruptores, k_1 e k_2, estão fechados, as correntes elétricas nos condutores são

(A) inversamente proporcionais às respetivas resistências.

(B) diretamente proporcionais às respetivas resistências.

(C) inversamente proporcionais à diferença de potencial nos respetivos terminais.

(D) diretamente proporcionais à diferença de potencial nos respetivos terminais.

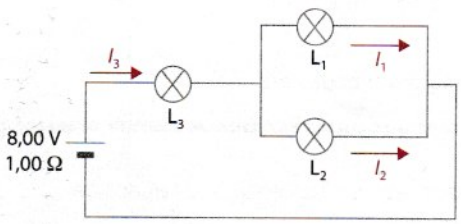
3.2 Quando o interruptor k_2 está aberto, registam-se os valores marcados nos aparelhos de medida. Em seguida, o interruptor k_2 é fechado. Preveja, justificando, se cada um diminui ou permanece constante o valor marcado:

a) no voltímetro;

b) no amperímetro A_1;

c) no amperímetro A_2.

4. No seguinte esquema de circuito, as lâmpadas são condutores puramente resistivos. A resistência das lâmpadas L_1 e L_3 é 20,0 Ω e a corrente na lâmpada L_3 é 300 mA.



Determine:

4.1 a potência útil do gerador;

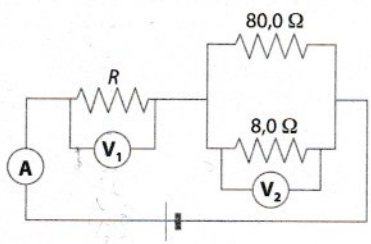
4.2 a potência dissipada no gerador;

4.3 o rendimento do gerador;

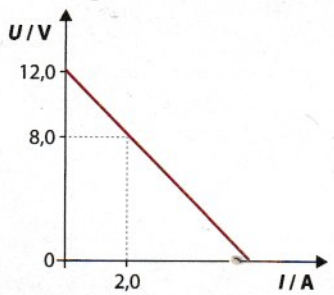
4.4 a energia dissipada na lâmpada L_3 em 15 min;

4.5 as correntes I_1 e I_2 e a resistência de L_2.

5. No esquema de circuito da figura, o voltímetro V_1 marca 5,5 V, o voltímetro V_2 marca 4,0 V e a resistência interna do gerador é 2,0 Ω. Determine o valor marcado no amperímetro, a resistência R e a força eletromotriz da pilha.



6. A curva teórica $U(I)$ para uma pilha nova é dada pelo gráfico seguinte.



Numa atividade experimental foi traçada a curva para uma pilha semelhante (do mesmo fabricante) e obteve-se, para a reta de ajuste, a equação $y = 11{,}2 - 2{,}60x$.

6.1 Indique, justificando, se a pilha é nova ou usada.

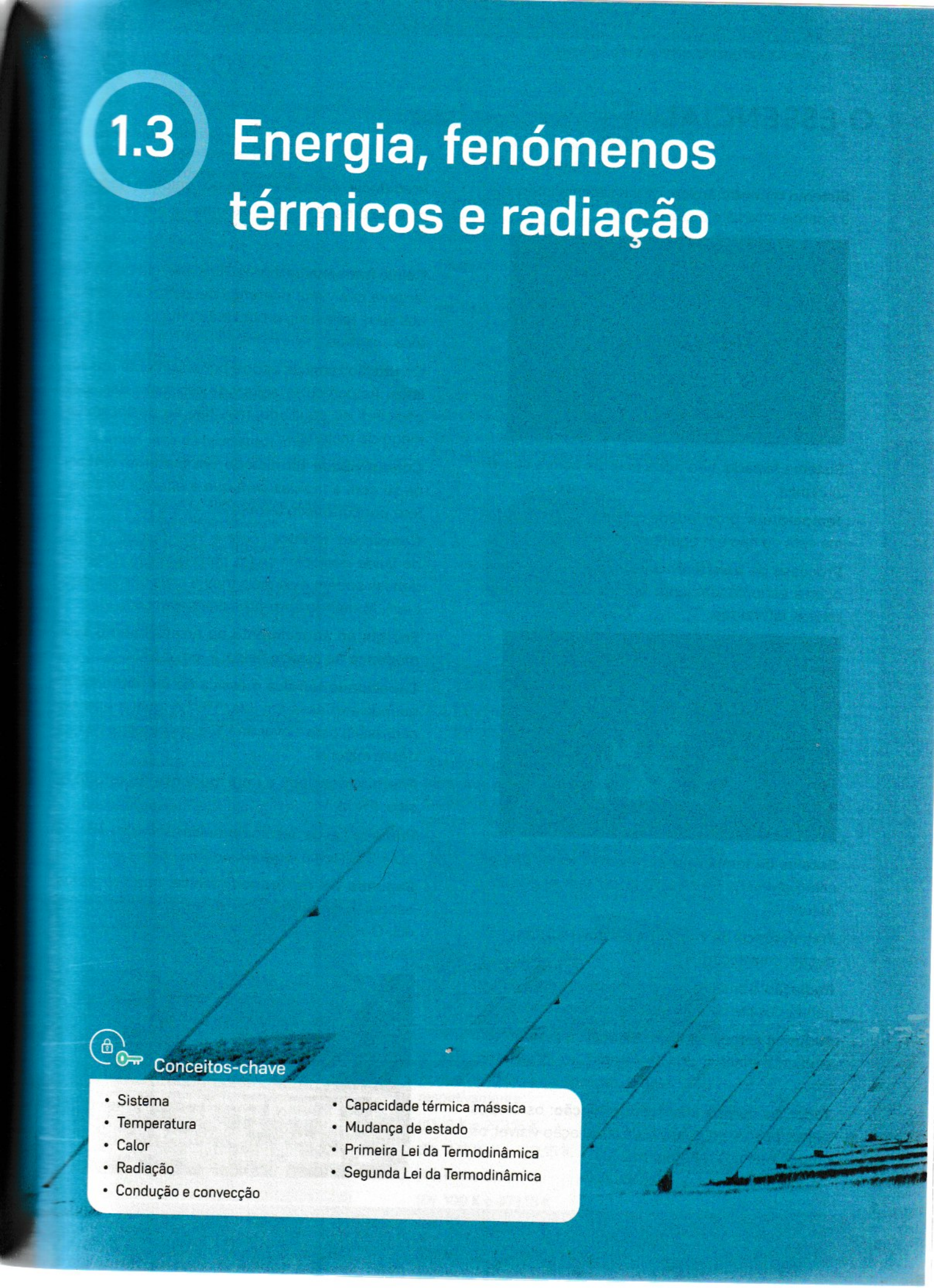
6.2 A potência útil de uma pilha é máxima quando a corrente que a percorre é metade da corrente máxima. Determine a potência útil máxima que a pilha utilizada na atividade pode disponibilizar.

1.2 Energia e fenómenos elétricos

No final deste subdomínio já deverá ser capaz de:

- Interpretar o significado das grandezas: corrente elétrica, diferença de potencial elétrico e resistência elétrica.
- Avaliar, numa perspetiva intra e interdisciplinar, como a energia elétrica e as suas diversas aplicações são vitais na sociedade atual e as repercussões a nível social, económico, político e ambiental.
- Montar circuitos elétricos, associando componentes elétricos em série e em paralelo, e, a partir de medições, caracterizá-los quanto à corrente elétrica que os percorre e à diferença de potencial elétrico aos seus terminais.
- Compreender a função e as características de um gerador e determinar as características de uma pilha numa atividade experimental, avaliando os procedimentos e comunicando os resultados.
- Aplicar, na resolução de problemas, a conservação da energia num circuito elétrico, tendo em conta o efeito Joule, explicando as estratégias de resolução.
- Compreender a função e as características de um gerador e determinar as características de uma pilha numa atividade experimental, avaliando os procedimentos e comunicando os resultados.

1.3 Energia, fenómenos térmicos e radiação

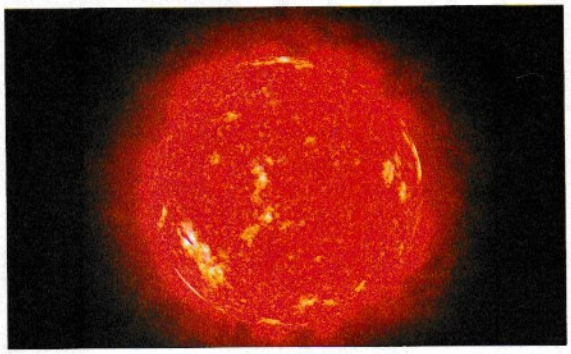


Conceitos-chave

- Sistema
- Temperatura
- Calor
- Radiação
- Condução e convecção
- Capacidade térmica mássica
- Mudança de estado
- Primeira Lei da Termodinâmica
- Segunda Lei da Termodinâmica

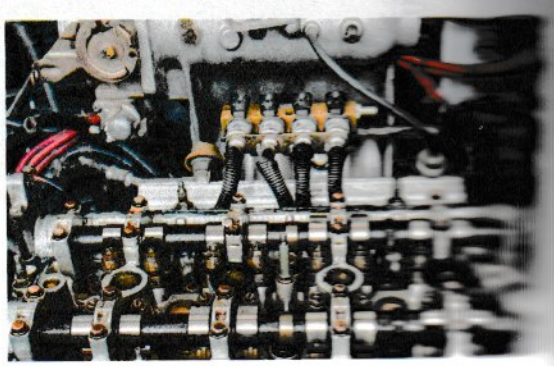
O ESSENCIAL

- **Sistema termodinâmico**: nesse sistema interessa a energia interna e a sua variação.



- **Sistema isolado**: não troca energia com a sua vizinhança.
- **Temperatura**: propriedade que indica se um sistema está ou não em equilíbrio térmico com outros.
- **Processo de transferência de energia por calor**: ocorre espontaneamente entre corpos a temperaturas diferentes.

- **Escalas de temperaturas**: escala Celsius (t) e escala Kelvin (T); $T = t + 273{,}15$; ΔT (em K) é igual a Δt (em °C).
- **Transferência de energia por calor**: radiação, condução, convecção.
- **Radiação**: transferência de energia através de luz; não necessita de contacto entre os sistemas.
- **Todos os corpos emitem radiação**: à temperatura ambiente emitem principalmente no infravermelho.
- **Todos os corpos absorvem radiação**: os corpos pretos absorvem quase toda a radiação visível; os corpos brancos refletem-na.
- **Irradiância**: energia emitida por unidade de tempo e de área; $E_r = \frac{E}{A\,\Delta t}$; exprime-se em W m^{-2} no SI.
- **Célula fotovoltaica**: aproveita a energia da luz solar para criar uma diferença de potencial elétrico nos seus terminais, produzindo uma corrente elétrica contínua.
- **Condução térmica**: ocorre principalmente nos sólidos. As partículas agitam-se em torno das suas posições de equilíbrio, mas não se deslocam ao longo do material.
- **Condutividade térmica de um material**: relaciona-se com a rapidez com que a energia se transfere por condução térmica.
- **Convecção térmica**: ocorre nos fluidos. Partes do fluido deslocam-se (as mais quentes e menos densas sobem e as mais frias e mais densas descem), formando correntes de convecção.
- **Energia no aquecimento ou arrefecimento sem mudança de estado físico**: $E = m\,c\,\Delta T$.
- **Capacidade térmica mássica de um material**: quando expressa em J kg^{-1} °C^{-1} é igual à energia necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 kg desse material.
- **Energia associada a uma mudança de estado físico**: $E = m\,\Delta h$.
- **Primeira Lei da Termodinâmica**: $\Delta U = Q + W$; $\Delta U = 0$ (sistema isolado).
- **Segunda Lei da Termodinâmica**: nos processos espontâneos verifica-se diminuição da energia útil. O rendimento de uma máquina é sempre inferior a 100%.



QUESTÕES

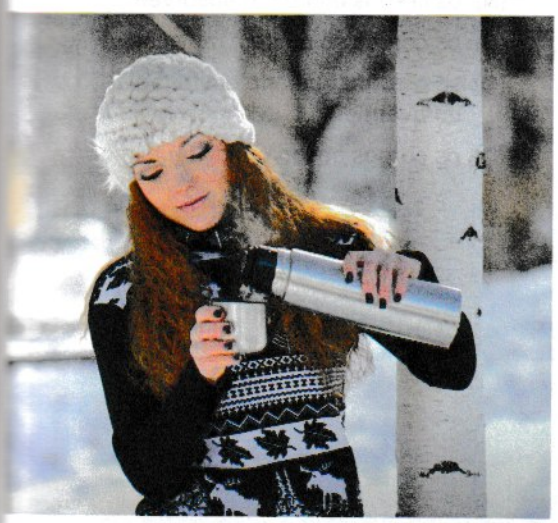
- Na resposta a questões de escolha múltipla, selecione a única opção que permite obter uma afirmação verdadeira ou responder corretamente à questão colocada.
- Nas questões que envolvam cálculos, estes devem ser apresentados.
- Use $g = 10\ m\ s^{-2}$ nas questões em que necessitar deste valor.

1.3.1 Sistema termodinâmico. Sistema isolado

1. Selecione a afirmação verdadeira.
   - (A) Para estudar o movimento do António, quando anda de bicicleta, tem de se considerar o seu corpo como um sistema termodinâmico.
   - (B) Se um sistema contém muitas partículas, é um sistema termodinâmico.
   - (C) A Terra é um sistema mecânico quando se estuda o efeito de estufa.
   - (D) A Terra é um sistema termodinâmico quando se estuda a evolução da sua temperatura.

2. O que é um sistema isolado? Indique um exemplo do dia a dia.

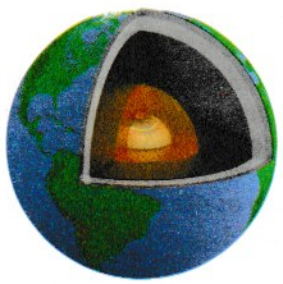
3. Qual dos sistemas se pode considerar, aproximadamente, isolado?
   - (A) Corpo humano.
   - (B) Alimentos dentro de um saco térmico hermeticamente fechado.
   - (C) Gás propano numa botija.
   - (D) Álcool contido num termómetro.



1.3.2 Temperatura, equilíbrio térmico e escalas de temperatura

4. A temperatura normal de uma pessoa é 36,5 °C mas, num estado febril, a sua temperatura atingiu 39,5 °C.
   - 4.1 Exprima a temperatura normal na unidade SI.
   - 4.2 Qual foi a elevação de temperatura, em kelvins, quando ocorreu o estado febril?

5. A temperatura à superfície do Sol é cerca de 6000 °C. Investigação recente indica que a temperatura no núcleo da Terra seja semelhante a esta. Já a Estrela Polar, que indica o norte geográfico no hemisfério Norte, tem uma temperatura à superfície de 7200 K.



   - 5.1 Exprima a temperatura do núcleo da Terra na unidade SI.
   - 5.2 Exprima a temperatura à superfície da Estrela Polar na escala Celsius.

6. À latitude do Círculo Polar Ártico, a amplitude térmica é, geralmente, superior a 30 ° C. Exprima a amplitude térmica mínima na unidade SI.

7. À pressão normal e na escala de Kelvin, os pontos de fusão e de ebulição da água são, respetivamente,
   - (A) 0 K e 273,15 K.
   - (B) 273,15 K e 373,15 K.
   - (C) 0 K e 373,15 K.
   - (D) 100 K e 373,15 K.

8. O ponto de ebulição do hidrogénio é −252,87 °C. A que temperatura, em kelvins, se liquefaz?

9. Dois sistemas A e B estão em equilíbrio térmico. É possível afirmar que

   (A) A e B têm a mesma energia interna e a mesma temperatura.

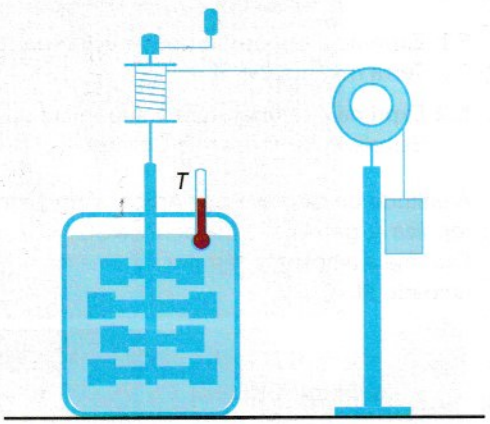
   (B) A e B têm a mesma temperatura, mas podem ter diferente energia interna.

   (C) Há transferência de energia, por calor, quando A está em contacto com B.

   (D) Há maior agitação térmica das partículas de A do que das partículas de B.

1.3.3 Transferências de energia por calor

10. Joule, na sua famosa experiência, aqueceu água contida num recipiente a partir do movimento de pás. A figura, que representa o esquema de montagem dessa experiência, mostra que as pás se movem devido à queda de um corpo.



   10.1 Tal experiência conduziu à seguinte ideia:

   (A) Só é possível aquecer um corpo a partir, por exemplo, de uma chama.

   (B) O calor flui dos corpos mais quentes para os corpos mais frios.

   (C) O calor e o trabalho são processos equivalentes para aquecer um corpo.

   (D) Apenas se pode aquecer um corpo através de trabalho.

   10.2 Como se pode estimar a energia transferida para a água?

11. Associe a transferência de energia através de calor ou de trabalho a cada situação seguinte.

   A. Empurrar um carrinho de compras.

   B. Erguer um haltere.

   C. Aquecer leite que está numa garrafa agitando-a vigorosamente.

   D. Aquecer leite num disco elétrico.

12. A cada uma das situações seguintes, associe o(s) principal(ais) processo(s) de transferência de energia por calor (radiação, convecção, condução).

   A. Apanhar um escaldão na praia.

   B. Assar carne com um espeto de ferro.

   C. Aquecer uma panela com água num disco elétrico.

   D. Aquecer o ar de uma casa com um termoventilador.

13. Em qual das afirmações a palavra «calor» está usada de modo correto?

   (A) Se a temperatura de um corpo não se alterar ele não perderá calor.

   (B) Se a temperatura de um corpo aumentar ele armazenará calor.

   (C) Se a temperatura de um corpo diminuir ele perderá parte do calor que nele estava armazenado.

   (D) Se a temperatura de um corpo aumentar poderá ter havido transferência de energia para o corpo através de calor.

1.3.4 Radiação e irradiância. Painéis fotovoltaicos

14. À temperatura ambiente

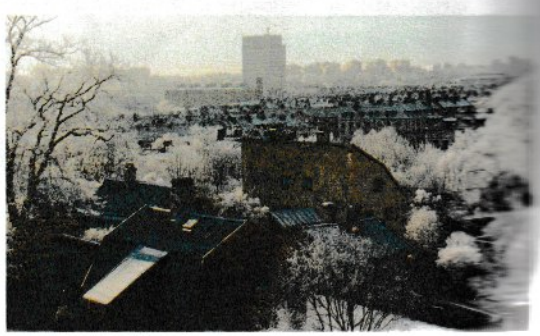
   (A) os corpos emitem e absorvem radiação.

   (B) os corpos só emitem radiação.

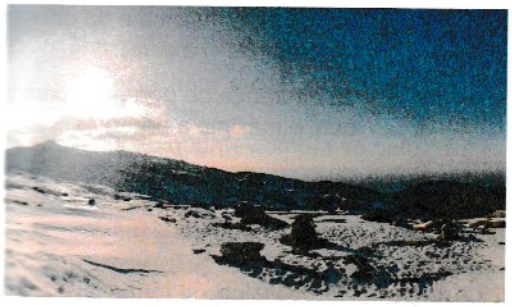
   (C) só o corpo humano emite radiação infravermelha.

   (D) os corpos absorvem de igual modo a radiação que neles incide.

15. Por que razão se usam telhados escuros nas casas em regiões frias?



16. Por que razão a neve da Serra da Estrela se conserva durante muito tempo mesmo quando há sol?



17. Indique, justificando, em qual das seguintes situações uma panela de alumínio coze melhor numa placa elétrica.

(A) Quando é totalmente polida.

(B) Quando tem o fundo preto e as paredes laterais polidas.

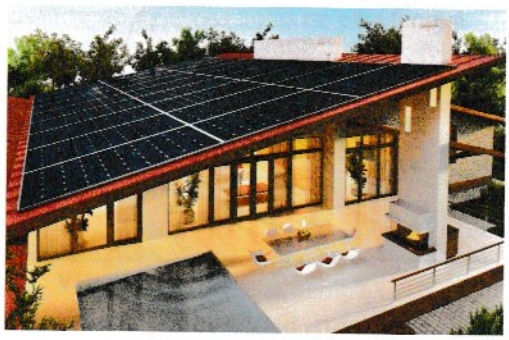
(C) Quando tem o fundo polido e as paredes laterais pretas.

(D) Quando tem um revestimento negro e coze exposta ao sol.

18. Uma temperatura corporal elevada costuma ser um indicador de doença. Em que se baseia o funcionamento do termómetro mostrado na figura seguinte?

19. A irradiância solar média no topo da atmosfera é 1370 W m^{-2}. Indique o significado físico desta afirmação.

20. A irradiância solar média num local é 320 W m^{-2}. Numa habitação estão instalados 30 painéis fotovoltaicos retangulares de 170 cm × 100 cm, cujo rendimento é 14,0%. Admita que, em média, há 10 h de sol por dia.



20.1 Que tipo de corrente elétrica é fornecida pelo painel?

20.2 Que tipo de associação (série ou paralelo) se deve usar na instalação dos painéis de modo a aumentar:

a) a corrente total do conjunto?

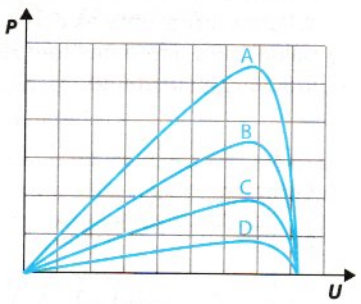
b) a diferença de potencial elétrico total do conjunto?

20.3 Determine, para o conjunto de painéis:

a) a potência útil;

b) a energia incidente num dia, expressa em kW h.

20.4 A figura mostra quatro curvas referentes à potência útil, *P*, do painel, em função da diferença de potencial, *U*, nos seus terminais. Estas curvas foram obtidas a diferentes horas de um dia de exposição solar, sem nuvens.

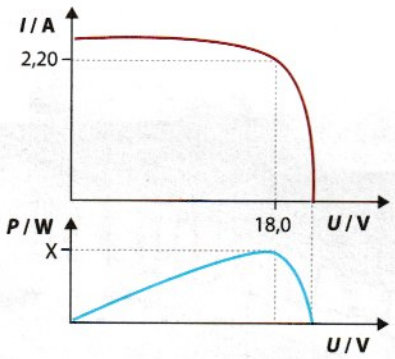


a) O que fará variar a potência útil máxima do painel?

b) A que altura do dia deve corresponder a curva A?

c) Se as curvas tivessem sido obtidas em idênticas condições, mas com céu nublado, que alterações haveria no gráfico?

21. A figura representa as curvas $I(U)$ e $P(U)$, obtidas para um painel fotovoltaico, para uma dada irradiância.



21.1 Determine X.

21.2 Qual das afirmações é correta?

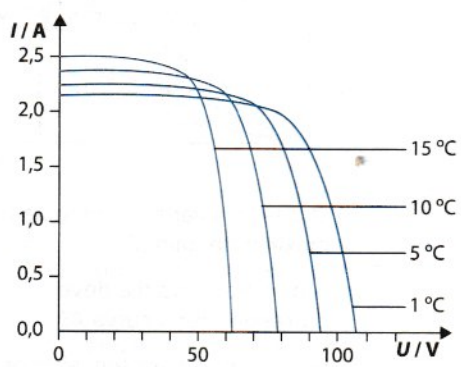
(A) A potência do painel é máxima quando a corrente é máxima.

(B) Quando aumenta a diferença de potencial nos terminais do painel simultaneamente diminui a corrente e aumenta a potência.

(C) A corrente varia muito quando aumenta a diferença de potencial nos terminais do painel até 18,0 V.

(D) A potência é, aproximadamente, diretamente proporcional à diferença de potencial nos terminais do painel enquanto esta for 50% inferior ao valor máximo.

21.3 A eficiência de um painel fotovoltaico diminui quando aumenta a temperatura, o que é uma desvantagem quando instalado em locais muito quentes.
A figura representa as curvas $I(U)$ de um painel para diferentes temperaturas e irradiância constante.



Um aumento de temperatura de 10 °C provoca um aumento

(A) de 0,5 A na corrente máxima.

(B) da corrente máxima e da diferença de potencial máxima.

(C) da diferença de potencial para a qual é máxima a potência.

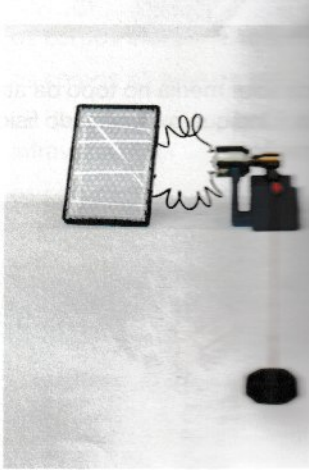
(D) da corrente e uma diminuição da diferença de potencial para as quais a potência é máxima.

22. Um painel fotovoltaico, de forma quadrangular com 2,00 m de lado, está instalado num local onde a irradiância solar média é 390 W m^{-2}. Sendo 13,0% o seu rendimento, determine a energia que ele fornece em 6,0 h de sol, expressa em kW h.

23. Num local há 9,00 h de sol, em média, por dia, e a irradiância solar é, em média, 450 W/m^2. Determine a área de painéis a instalar, de rendimento 12,0%, numa casa que tem um consumo diário médio de 25,0 kW h.

24. Em Portugal Continental a irradiância solar média é 1500 kW h m^{-2} ano^{-1} e o consumo médio anual de energia elétrica é $4{,}4 \times 10^{10}$ kW h. Determine a área de painéis a instalar, de rendimento médio igual a 15%, se toda essa energia fosse obtida com painéis fotovoltaicos.

25. Um motor de corrente contínua é alimentado por um painel fotovoltaico num local onde a irradiância solar é 270 W m^{-2}. O motor eleva um objeto de 2,0 kg, com velocidade constante, a 3,0 m de altura. O painel, de rendimento 12%, é retangular de dimensões 20 cm × 15 cm. Determine o tempo de subida do objeto.



1.3.5 Condução térmica

1.3.6 Convecção térmica

1.3.7 Transferências de energia como calor num coletor solar

26. Num dia muito quente compra-se gelo para refrescar as bebidas de um piquenique. Alguém sugere que elas sejam envolvidas num cobertor grosso de lã. Este procedimento

(A) é incorreto, pois o cobertor vai aquecer o gelo, promovendo a sua fusão.

(B) é incorreto, pois o cobertor facilita a transferência de energia, por calor, do ar envolvente para o gelo, promovendo a sua fusão.

(C) é correto, pois a lã tem baixa condutividade térmica, reduzindo a rapidez da troca de energia, por calor, do meio exterior para o gelo, o que retarda a sua fusão.

(D) é correto, pois a lã tem elevada condutividade térmica, reduzindo a rapidez da troca de energia, por calor, do meio exterior para o gelo, o que retarda a sua fusão.

27. A condutividade térmica do alumínio é 238 $W\,m^{-1}\,K^{-1}$ e a condutividade do ar é quatro ordens de grandeza inferior. A condutividade térmica do ar, na unidade SI, pode ser

(A) 0,23. **(C)** 2,30.

(B) 0,023. **(D)** 0,0023.

28. Considere as seguintes situações, I, II e III, e indique a opção que as completa, sequencialmente, quanto ao principal processo de transferência de energia por calor.

I. As prateleiras de um frigorífico em grade facilitam a transferência de energia por...

II. O único processo de transferência de energia que ocorre no vácuo é...

III. Numa garrafa-termo existe vácuo entre as paredes duplas para evitar transferências de energia por...

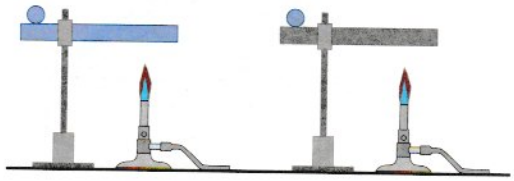
(A) condução, convecção, radiação.

(B) condução, radiação, convecção.

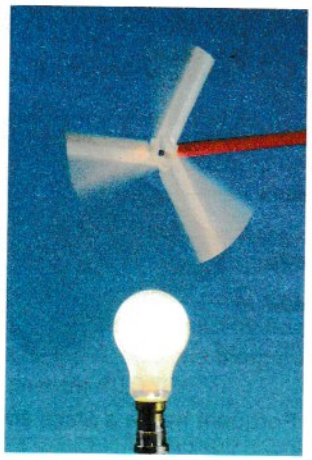
(C) convecção, radiação, radiação.

(D) convecção, radiação, condução.

29. Aquece-se com a mesma fonte de energia, e durante o mesmo tempo, uma das extremidades de duas barras, idênticas na forma, sendo uma de madeira e outra de alumínio. As barras têm bolas de cera iguais na extremidade não aquecida. Indique, justificando, qual das bolas de cera fundirá primeiro.



30. Observe a figura: coloca-se uma ventoinha por cima de uma lâmpada. Ao fim de um certo tempo com a lâmpada acesa, as pás da ventoinha começam a rodar. Por que razão se movem as pás da ventoinha?

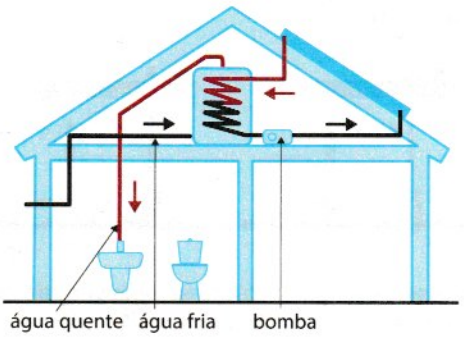


31. A energia solar anual disponível na superfície terrestre é $8{,}9 \times 10^8$ TW h. Tecnologias como os coletores solares e os painéis fotovoltaicos aproveitam a radiação solar de modo diferente.

31.1 Exprima a energia referida em kW h e na unidade SI.

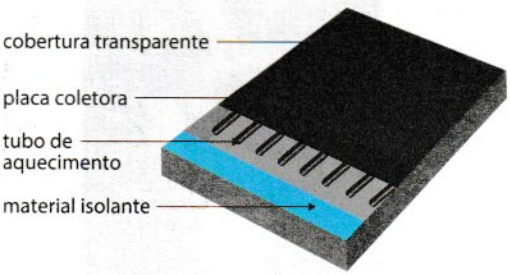
31.2 Em que difere o aproveitamento da energia solar num painel fotovoltaico e num coletor solar?

32. Um coletor solar aquece as águas de uma habitação, cujo consumo energético diário médio é 11,61 kW h. Nesse local há, em média, 10 h de sol por dia. O coletor solar tem um rendimento de 73% e a área da sua placa coletora é 5,11 m^2.



32.1 Determine a irradiância no local onde se instalou o coletor solar.

32.2 A figura seguinte mostra o esquema de um coletor solar.



a) Porque é negra a placa coletora?

b) Compare a condutividade térmica do material dos tubos de aquecimento com a do material isolante.

c) A cada um dos itens seguintes associe os termos radiação, condução e convecção nos processos de transferência de energia que ocorrem.

A. Incidência de luz solar na placa coletora.

B. Contacto entre o tubo que transporta o fluido e a placa coletora.

C. Contacto entre o tubo que transporta o fluido e esse fluido.

D. Movimento do fluido dentro do tubo.

d) Porque estão as partes frias do fluido na zona inferior do reservatório e as partes quentes na zona superior?

1.3.8 Aquecimento e arrefecimento de sistemas: capacidade térmica mássica

33. A capacidade térmica mássica do chumbo é 0,0305 cal g^{-1} $°C^{-1}$. Indique o significado físico deste valor e exprima-o na unidade SI.
(1 cal = 4,18 J)

34. Dois corpos de materiais diferentes têm igual massa. Quando se transfere a mesma energia para os dois, tem maior elevação de temperatura o corpo de

(A) menor volume.

(B) menor massa volúmica.

(C) maior capacidade térmica mássica.

(D) menor capacidade térmica mássica.

35. A energia transferida de ou para 1 L de água é a mesma quando a água

(A) aquece de 10 °C para 40 °C, ou de 40 °C para 80 °C, aumentando a sua energia interna.

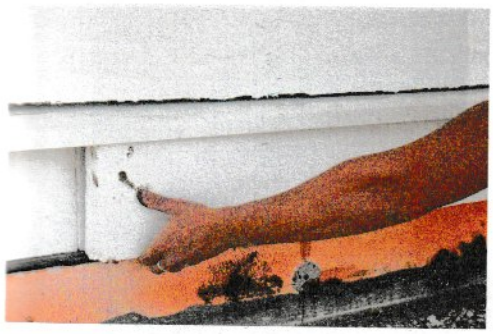
(B) aquece de 10 °C para 40 °C, ou de 40 °C para 70 °C, diminuindo a sua energia interna.

(C) arrefece de 30 °C para 15 °C, ou de 60 °C para 45 °C, diminuindo a sua energia interna.

(D) arrefece de 70 °C para 50 °C, ou de 60 °C para 40 °C, aumentando a sua energia interna.

36. Dois corpos A e B, inicialmente à mesma temperatura, são aquecidos pela mesma fonte de aquecimento e durante o mesmo tempo. A massa de B é tripla da massa de A e a capacidade térmica mássica de B é dupla da de A. Que corpo ficará a maior temperatura?

37. A construção de paredes duplas, separadas por um material isolador térmico, melhora o isolamento térmico dos edifícios.



Um material que promova um bom isolamento térmico deve ter

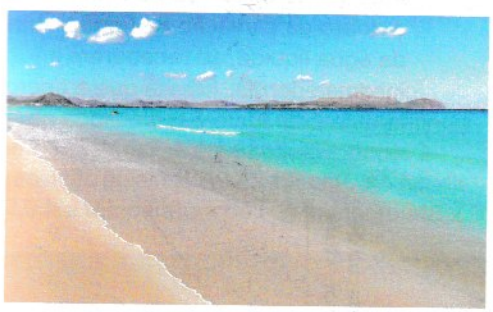
(A) baixa condutividade térmica e baixa capacidade térmica mássica.

(B) elevada condutividade térmica e elevada capacidade térmica mássica.

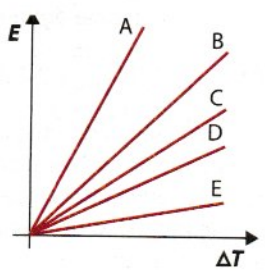
(C) baixa condutividade térmica e elevada capacidade térmica mássica.

(D) elevada condutividade térmica e baixa capacidade térmica mássica.

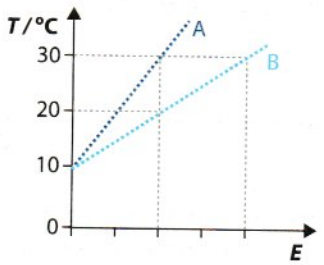
38. Num dia de verão, a areia da praia fica mais quente do que a água do mar mas, ao anoitecer, essa situação inverte-se. Explique este facto.



39. Os gráficos seguintes representam a energia, E, recebida por cinco corpos de igual massa, mas de diferentes materiais, em função da variação de temperatura, ΔT. Ordene, justificando, os corpos por ordem decrescente de capacidade térmica mássica do respetivo material.



40. Os gráficos seguintes representam a temperatura de dois corpos A e B, de igual massa, em função da energia que lhes é fornecida. Um deles é de alumínio e o outro é de ferro. A capacidade térmica mássica do alumínio é cerca de duas vezes maior do que a do ferro.



40.1 Para igual aumento de temperatura, a energia recebida pelo corpo A, relativamente à recebida pelo corpo B, é

(A) duas vezes maior.

(B) duas vezes menor.

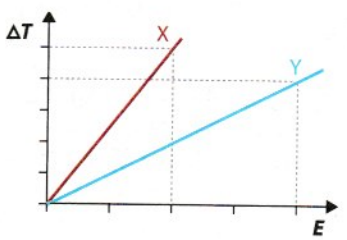
(C) quatro vezes maior.

(D) quatro vezes menor.

40.2 Indique, justificando, qual dos corpos é de alumínio.

40.3 A massa do corpo A é 100 g e a capacidade térmica mássica do seu material é $4{,}43 \times 10^2$ J kg^{-1} °C^{-1}. Determine o aumento de energia interna do corpo A, se a sua temperatura aumentar 40,0 °C.

41. Os gráficos seguintes representam a variação da temperatura de amostras de igual massa, X e Y, em função da energia que lhes é fornecida.



A razão entre a capacidade térmica mássica do material de X e a capacidade térmica mássica do material de Y é

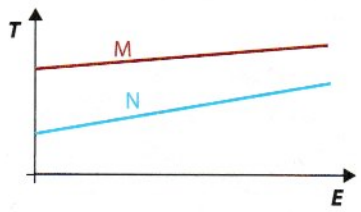
(A) $\frac{2}{5}$.

(B) $\frac{5}{2}$.

(C) $\frac{4}{5}$.

(D) $\frac{5}{4}$.

42. Duas amostras, M e N, foram aquecidas pela mesma fonte de energia no mesmo tempo. Os gráficos seguintes representam a temperatura, T, das amostras em função da energia recebida, E.



42.1 Se as amostras tivessem a mesma massa, indique, justificando, qual delas seria de material com maior capacidade térmica mássica.

42.2 Se as amostras fossem do mesmo material, indique, justificando, qual delas teria maior massa.

42.3 A massa da amostra M é 100 g. A equação da reta do gráfico, para M, é $T = 18{,}0 + 2{,}39 \times 10^{-3}\,E$, com a temperatura, T, expressa em graus Celsius e as restantes grandezas expressas no SI. Determine:

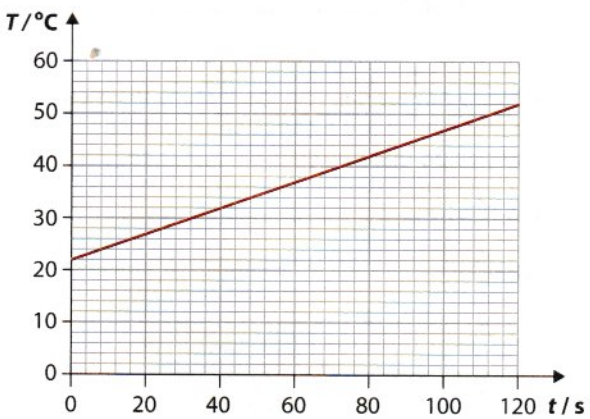
a) a temperatura inicial de M;

b) a capacidade térmica mássica do material da amostra M.

43. Aqueceu-se água numa chaleira elétrica, de 750 W de potência. O gráfico seguinte representa a temperatura em função do tempo de aquecimento. Admita que toda a energia fornecida foi usada no aquecimento da água. Determine o volume de água da chaleira.

$$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^{3}\ \text{J kg}^{-1}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\rho_{\text{água líquida}} = 1{,}00 \times 10^{3}\ \text{kg m}^{-3}$$

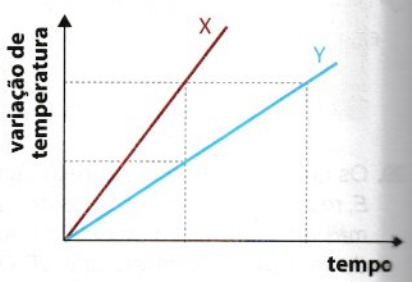


44. A capacidade térmica mássica da água líquida é cerca do dobro da capacidade térmica mássica do gelo.

44.1 Água contida num balde e um bloco de gelo arrefecem, sofrendo igual decréscimo de temperatura. A massa da água é o triplo da massa de gelo. A razão entre a energia transferida pela amostra de gelo e pela água líquida para as vizinhanças é

(A) 3. **(B)** 6. **(C)** $\frac{1}{3}$. **(D)** $\frac{1}{6}$.

44.2 Aqueceram-se uma amostra de água líquida e uma amostra de gelo, usando a mesma fonte de energia, sendo P a sua potência. Os gráficos seguintes representam a variação de temperatura em função do tempo de aquecimento. A elevação da temperatura do gelo foi o dobro da elevação de temperatura da água líquida, ao receberem a mesma energia. Admita que a energia cedida pela fonte é toda usada no aquecimento.



a) A que amostra se refere Y?

b) A razão entre a massa da amostra de gelo e a massa de água líquida é

(A) 1. **(B)** 2. **(C)** 4. **(D)** $\frac{1}{4}$.

c) Seja m a massa de uma amostra e c a sua capacidade térmica mássica. Indique, justificando, qual é o significado físico do declive de cada reta do gráfico.

45. Usou-se uma fonte de aquecimento com uma potência de 1200 cal/min para aquecer 250 g de azeite. A sua temperatura aumentou de 15,0 °C para 80,0 °C em 7,20 min de aquecimento. Supondo um rendimento de 90% no aquecimento, determine a capacidade térmica mássica do azeite. (1 cal = 4,18 J)

46. Para determinar o rendimento em processos de aquecimento, fez-se incidir luz de uma lâmpada de 100 W sobre 100 g de água e 100 g de areia. Ao fim de 16,0 min de aquecimento, a água e a areia tiveram aumentos de temperatura de 11,2 °C e 42,0 °C, respetivamente.

$$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

$$c_{\text{areia}} = 8{,}36 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

Indique, justificando, em que processo houve maior dissipação de energia. Comece por verificar que material teve maior aumento de energia interna.

47. Uma lata, contendo 350 mL de chá, foi exposta ao sol num local onde a irradiância era 575 W m^{-2}. A área da lata exposta à radiação solar foi $2{,}92 \times 10^2$ cm^2. Ao fim de 2,0 h a temperatura do chá aumentou 18,2 °C.

Determine a percentagem da energia incidente que contribuiu para o aquecimento do chá. Admita que a densidade e a capacidade térmica mássica do chá são semelhantes às da água.

$$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

$$\rho_{\text{água líquida}} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

1.3.9 Aquecimento e mudanças de estado: variação das entalpias mássicas de fusão e de vaporização

48. A variação de entalpia mássica de fusão da água é 80,0 cal g^{-1} à pressão atmosférica normal. Exprima este valor na unidade SI e indique o seu significado físico. (1 cal = 4,18 J)

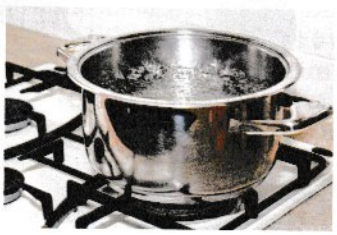
49. Numa panela destapada há água em ebulição. Para a água líquida da panela, a energia interna ... e a temperatura ...

(A) aumenta ... diminui.

(B) aumenta ... mantém-se.

(C) diminui ... diminui.

(D) diminui ... mantém-se.



50. Um recipiente metálico tem gelo fundente. A temperatura do gelo permanece constante porque

(A) é elevada a capacidade térmica mássica da água.

(B) é elevada a variação de entalpia mássica de fusão da água.

(C) é elevada a condutividade térmica dos metais e o recipiente é metálico.

(D) a energia transferida do recipiente para o gelo é usada para quebrar ligações intermoleculares da água e não para aumentar a sua energia cinética interna.

51. Que opção completa a afirmação seguinte?

Aproximadamente, com 334 kJ pode-se fundir, ... kg de gelo, elevar a temperatura de 1,00 kg de água de 20,0 °C para ... °C e vaporizar ... kg de água.

$$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

$$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

$$\Delta h_{\text{vaporização}} = 2{,}25 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$$

(A) 1,00 ... 100,0 ... 0,150

(B) 1000 ... 80,0 ... 0,150

(C) 1,00 ... 80,0 ... 6,750

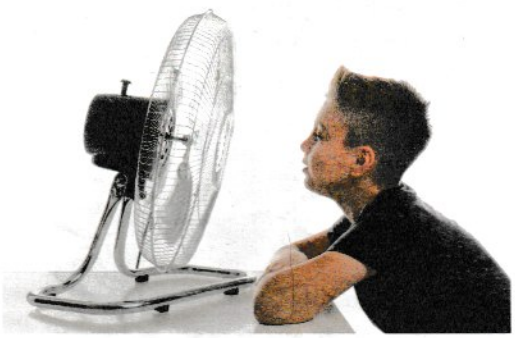
(D) 1,00 ... 100,0 ... 6,750

52. Uma pessoa queria aquecer 1,00 L de água até ao seu ponto de ebulição. Mas, esqueceu-se da água a ferver e, quando se lembrou, já só tinha 980 mL. Que energia foi desperdiçada neste processo?

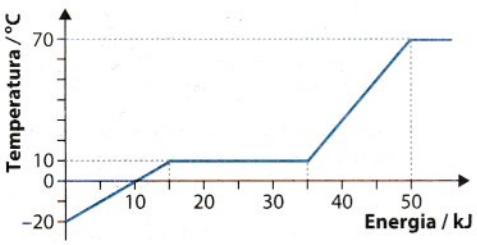
$\Delta h_{vaporização} = 2{,}25 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

$\rho_{água\ líquida} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

53. No verão, algumas pessoas usam ventoinhas para se refrescarem. No entanto, ao aumentarem a agitação das partículas do ar estão a contribuir para aumentar a temperatura do ar. Como se justifica o uso de ventoinhas?



54. O gráfico representa a temperatura de uma amostra de material em função da energia recebida no seu aquecimento. A massa da amostra é 1,5 kg.



54.1 Identifique as temperaturas de fusão e de ebulição.

54.2 Determine a capacidade térmica mássica do material no estado sólido e no estado líquido.

54.3 Determine a variação de entalpia mássica de fusão do material.

55. Determine a energia necessária para vaporizar completamente 100 g de gelo inicialmente a −4,0 °C.

$c_{gelo} = 2{,}10 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

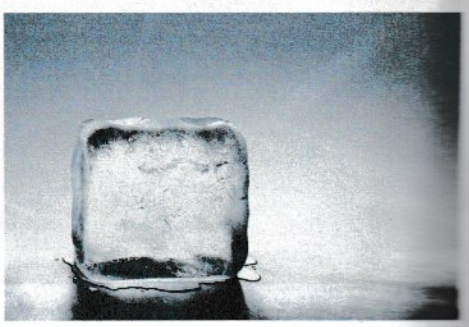
$\Delta h_{vaporização} = 2{,}25 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

56. Determine a temperatura final de um bloco de gelo de 500 g, inicialmente a −3,0 °C, quando lhe é transferida uma energia de $2{,}0 \times 10^5$ J.

$c_{gelo} = 2{,}10 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$



57. Colocam-se 500 mL de água, inicialmente à temperatura ambiente de 14 °C, num congelador que está regulado para −4,0 °C.

57.1 Em que sentido ocorre a transferência de energia até a água ficar à temperatura regulada no congelador?

57.2 Determine a variação da energia interna da água após a congelação.

$\rho_{água\ líquida} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

$c_{gelo} = 2{,}10 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

58. Um bloco de gelo fundente, de 2,0 kg, está sobre o muro de uma varanda a 15,0 m do solo. Acaba por cair, parando ao colidir com o solo. Supondo que 90% da energia dissipada na colisão faz aumentar a energia interna do gelo, determine a massa máxima de gelo, em gramas, que funde na colisão. Admita que a resistência do ar é desprezável.

$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

59. Um bloco de gelo de massa 200 g, à temperatura de −8,0 °C, é aquecido até à temperatura de 40 °C, por uma fonte de aquecimento que fornece 3000 cal min^{-1}. Supondo que toda a energia é usada no aquecimento, determine o tempo de aquecimento.

1 cal = 4,18 J

$c_{gelo} = 2{,}10 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

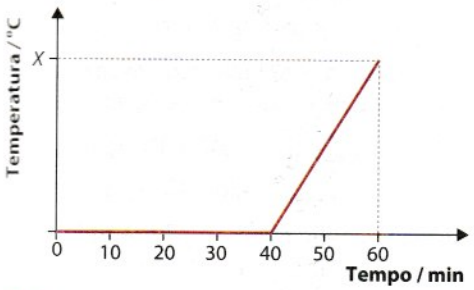
$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

60. Uma amostra de gelo fundente foi aquecida por uma fonte de aquecimento que fornecia 15 kJ min^{-1}. Admita que toda a energia foi utilizada no aquecimento. O gráfico representa a temperatura da amostra em função do tempo de aquecimento.

$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ °C^{-1}$

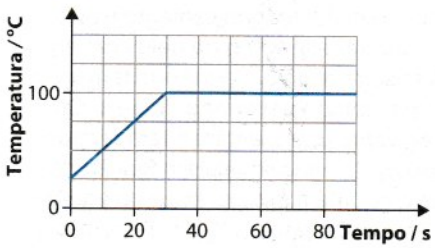
$\Delta h_{fusão} = 3{,}34 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$



60.1 Porque é constante a temperatura da amostra nos primeiros 40 min?

60.2 Determine a temperatura, *X*, da amostra ao fim de 60 min de aquecimento.

61. Aqueceram-se 100 mL de água com um disco elétrico, onde passava uma corrente de 5,0 A, ligado à tomada de uma habitação portuguesa. O gráfico representa a temperatura da água em função do tempo de aquecimento.



$\rho_{água\ líquida} = 1{,}00 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$

$c_{água\ líquida} = 4{,}18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ °C^{-1}$

$\Delta h_{vaporização} = 2{,}25 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$

61.1 Mostre que o rendimento no processo de aquecimento foi 91% até a água entrar em ebulição.

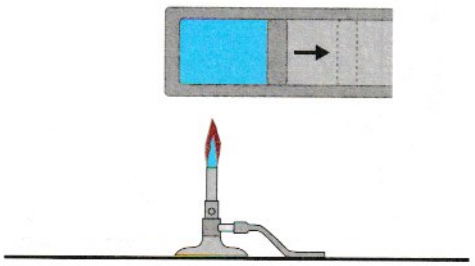
61.2 Determine a massa de água que ficou por vaporizar ao fim de 90 s de aquecimento, admitindo o mesmo rendimento.

1.3.10 Primeira Lei da Termodinâmica: transferências de energia e conservação da energia

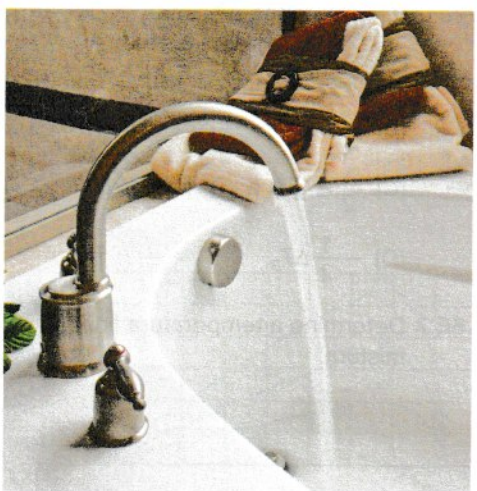
1.3.11 Segunda Lei da Termodinâmica: degradação da energia e rendimento

62. Uma máquina A recebe 4,50 kJ de uma fonte de calor e transfere para a vizinhança 300 J através de trabalho. Outra máquina B recebe 600 J através de trabalho e 140 cal através de calor. Em qual das máquinas foi maior a variação da energia interna do sistema? (1 cal = 4,18 J)

63. Um cilindro contém um gás e é aquecido por uma chama que fornece $1{,}0 \times 10^4$ J. Durante o aquecimento há expansão do gás e a força exercida no êmbolo do cilindro realiza um trabalho de $5{,}0 \times 10^3$ J, transferindo energia para a vizinhança. Determine a variação da energia interna do gás.



64. Um rapaz quer preparar um banho de imersão com água à temperatura de 35 °C, misturando água quente e fria. Inicialmente coloca 100 L de água fria a 20 °C. Determine o volume de água quente, a 60 °C, que deve colocar na banheira. Despreze as trocas de energia da água com a banheira e com o ar.



65. Num recipiente termicamente isolado há 20 g de gelo fundente a que se adicionou água a 80 °C, obtendo-se uma mistura com uma temperatura de equilíbrio térmico de 40 °C.

65.1 Qual foi a variação de energia interna do sistema *gelo + água*?

65.2 Relacione as variações de energia interna do gelo e da água.

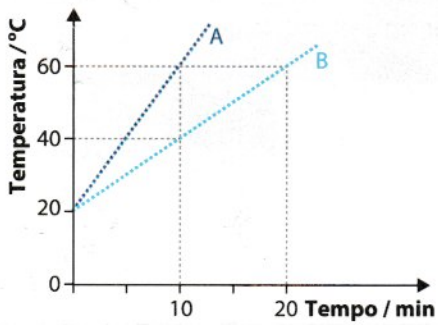
65.3 Determine a massa de água adicionada.

$\rho_{\text{água líquida}} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

66. Os gráficos indicam o comportamento de dois líquidos, A e B, de igual massa, quando aquecidos com a mesma fonte de energia. Os líquidos são inicialmente aquecidos durante 10 min. Depois são misturados num recipiente termicamente isolado.



66.1 Mostre que a capacidade térmica mássica de B é dupla da capacidade térmica de A.

66.2 Se ΔT_A e ΔT_B forem as variações de temperatura, respetivamente, de A e de B, quando os dois líquidos são misturados e atingem o equilíbrio térmico, então ΔT_A será

(A) $2\Delta T_B$.

(B) $-2\Delta T_B$.

(C) $\frac{1}{2}\Delta T_B$.

(D) $-\frac{1}{2}\Delta T_B$.

66.3 Determine a temperatura final da mistura.

67. Adicionam-se 100 mL de água a 80 g de gelo fundente, verificando-se que, quando se atinge o equilíbrio térmico, apenas funde metade do gelo.

67.1 Qual é a temperatura de equilíbrio térmico?

67.2 Determine a temperatura inicial da água, se a mistura tiver sido feita:

a) numa garrafa-termo;

b) num recipiente quente que cede 3,36 kJ ao sistema *água + gelo*.

$\rho_{\text{água líquida}} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

68. Verifique qual dos processos seguintes é mais eficaz para arrefecer 1,00 L de água a 70 °C, admitindo que as misturas são feitas num recipiente termicamente isolado.

I. Juntar 0,50 L de água a 10 °C.

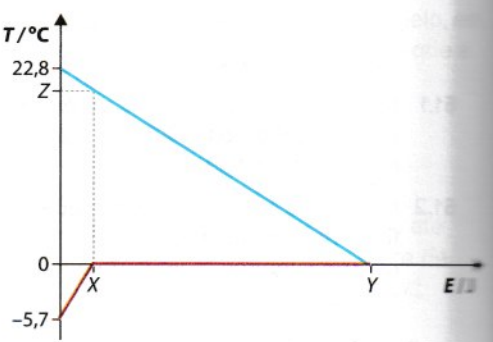
II. Juntar 50 g de gelo triturado a 0 °C.

$\rho_{\text{água líquida}} = 1{,}00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

69. Num recipiente termicamente isolado misturaram-se 100 g de gelo com água líquida. A mistura atingiu o equilíbrio térmico quando tinha fundido um quarto do gelo. Os gráficos seguintes representam a temperatura do gelo e da água líquida em função da energia trocada, até a mistura atingir o equilíbrio térmico. Determine *X*, *Y* e *Z* e a massa da água líquida.



$c_{\text{gelo}} = 2{,}10 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

70. Dispõe-se de 1 L de água à temperatura ambiente, que é 14 °C. Aquece-se metade desse volume numa chaleira até atingir 84 °C. Nessa chaleira com água quente, adiciona-se o resto da água fria e espera-se até se atingir o equilíbrio térmico.

70.1 Qual seria a temperatura final da mistura se o sistema *água quente + água fria* fosse isolado?

70.2 A temperatura final medida para o sistema foi superior à prevista anteriormente. Identifique um motivo para tal ocorrer e indique se a variação de energia interna do sistema foi positiva, negativa ou nula.

70.3 Suponha que a água fria diminuía a sua temperatura em 5 °C e que a água quente aumentava a sua temperatura em 5 °C. Tal fenómeno

(A) não estaria de acordo com a Lei da Conservação da Energia.

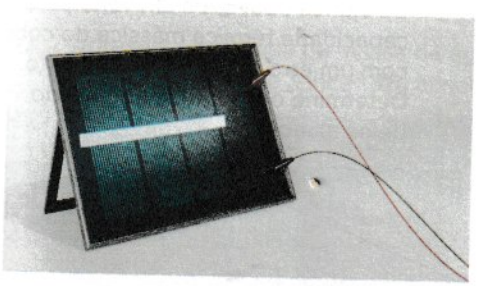
(B) não estaria de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica.

(C) não estaria de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica.

(D) não violaria qualquer Lei.

Atividades laboratoriais

71. Realizou-se uma atividade experimental para determinar a diferença de potencial elétrico nos terminais de um painel fotovoltaico que maximiza a sua potência. Usou-se um circuito com um reóstato, multímetros digitais, uma lâmpada e um painel retangular cujas dimensões eram 10,0 cm e 5,0 cm.

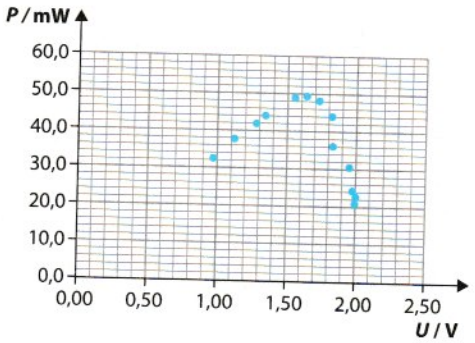


71.1 Represente o esquema de montagem do circuito.

71.2 Descreva o procedimento usado na obtenção de dados experimentais que permite traçar o gráfico $P(U)$ para o painel.

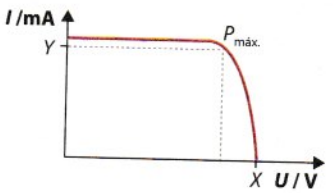
71.3 Indique um cuidado a ter na realização da experiência, de forma a manter uma irradiância constante.

71.4 Fazendo incidir luz sobre o painel, e com o circuito aberto, mediu-se diretamente a diferença de potencial nos terminais do painel, obtendo-se 2,18 V. Com os restantes dados experimentais, construi-se o gráfico seguinte:



a) Indique a diferença de potencial que maximizou a potência do painel, assim como a resistência introduzida no reóstato, neste caso.

b) Observe a curva característica do painel, $I(U)$. Identifique X e Y.



c) Considerando um rendimento máximo de 10% para o painel, determine a irradiância sobre ele.

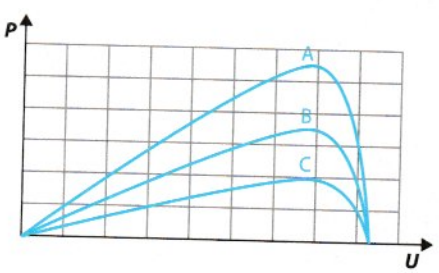
71.5 Foram traçados gráficos da potência do painel em função da diferença de potencial nas seguintes situações, mantendo as restantes condições experimentais:

I. A luz incidiu obliquamente sobre o painel e foi interposto um filtro entre este e a lâmpada.

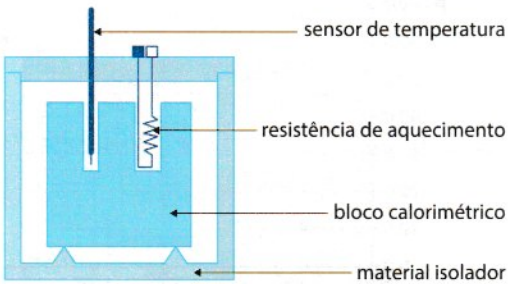
II. A luz incidiu perpendicularmente sobre o painel.

III. A luz incidiu obliquamente sobre o painel.

Associe as situações I, II e III às curvas A, B e C da figura seguinte.



72. Numa aula laboratorial, os alunos determinaram as capacidades térmicas mássicas do cobre e do latão (liga metálica de composição variável), usando blocos calorimétricos destes materiais e a montagem laboratorial do esquema seguinte.



Os blocos foram aquecidos com uma resistência de aquecimento ligada a uma fonte de tensão, a um amperímetro e a um voltímetro digitais. As massas dos blocos foram medidas numa balança digital, obtendo-se 1109 g para o cobre e 999 g para o latão. A temperatura foi medida com um sensor de temperatura. Admita que toda a energia dissipada na resistência de aquecimento é aproveitada no aquecimento dos blocos.

72.1 Represente o esquema de montagem do circuito utilizado.

72.2 Porque se colocam os blocos dentro de uma caixa de material isolador?

72.3 Para o bloco de latão, inicialmente à temperatura de 21,2 °C, um grupo de alunos obteve, durante o aquecimento, os dados da tabela.

Tempo / s	Temperatura / °C	U / V	I / A
60	27,1	10,74	4,42
120	33,2	10,73	4,41
180	40,3	10,74	4,42
240	47,1	10,75	4,41
300	54,2	10,74	4,41
360	61,1	10,74	4,42
420	68,3	10,74	4,42

O valor tabelado para a capacidade térmica mássica do latão é 377 J kg^{-1} K^{-1}.

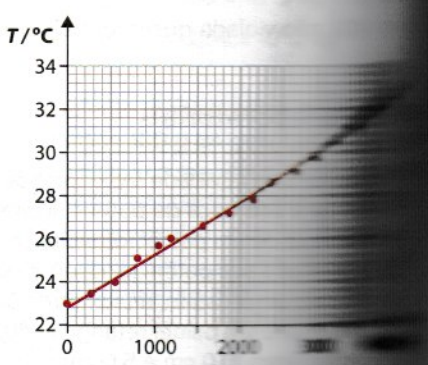
a) Indique o significado físico do valor 377 J kg^{-1} K^{-1}.

b) Em que intervalo de valores está contida a massa do bloco de latão?

c) Complete a tabela com mais duas colunas: uma com a variação de temperatura e outra com a energia fornecida pela resistência de aquecimento (entre o instante da medição e o instante inicial).

d) A partir do gráfico da variação de temperatura do bloco de latão em função da energia recebida, determine a capacidade térmica mássica do latão. Avalie a exatidão do resultado e indique duas razões que expliquem a diferença entre o valor tabelado e o valor experimental.

72.4 Outro grupo de alunos repetiu o procedimento com o bloco de cobre e com os dados experimentais obteve o gráfico seguinte.



Os alunos obtiveram um valor para a capacidade térmica mássica do cobre com um erro de 2,34%. Determine o valor tabelado pelos alunos.

73. Misturou-se gelo fundente com água quente com o objetivo de medir a variação de entalpia mássica de fusão da água. A mistura foi feita num recipiente de vidro forrado com esferovite. A figura mostra a sucessão de medições realizadas.

Conhecem-se os seguintes valores tabelados:

$$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^{3}\ \text{J kg}^{-1}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\Delta h_{\text{fusão}} = 3{,}34 \times 10^{5}\ \text{J kg}^{-1}$$

73.1 Indique o significado físico do valor $3{,}34 \times 10^{5}$ J kg^{-1}.

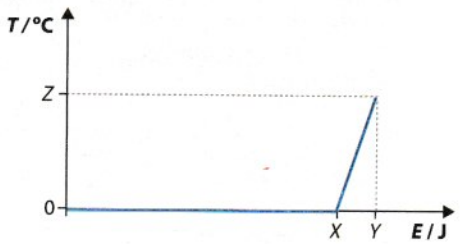
73.2 Apresente a medida da massa de água quente, atendendo à incerteza absoluta.

73.3 Indique um modo de preparar gelo fundente.

73.4 Que propriedade física da esferovite justifica o seu uso neste procedimento experimental?

73.5 Dê exemplos de uma medição direta e de uma medição indireta neste procedimento.

73.6 O gráfico seguinte representa a temperatura do gelo em função da energia recebida até se atingir o equilíbrio térmico na mistura. Atendendo aos dados experimentais, identifique a temperatura Z e determine o valor $Y - X$, indicando o seu significado.



73.7 Admita que o sistema *gelo fundente + água quente* é isolado.

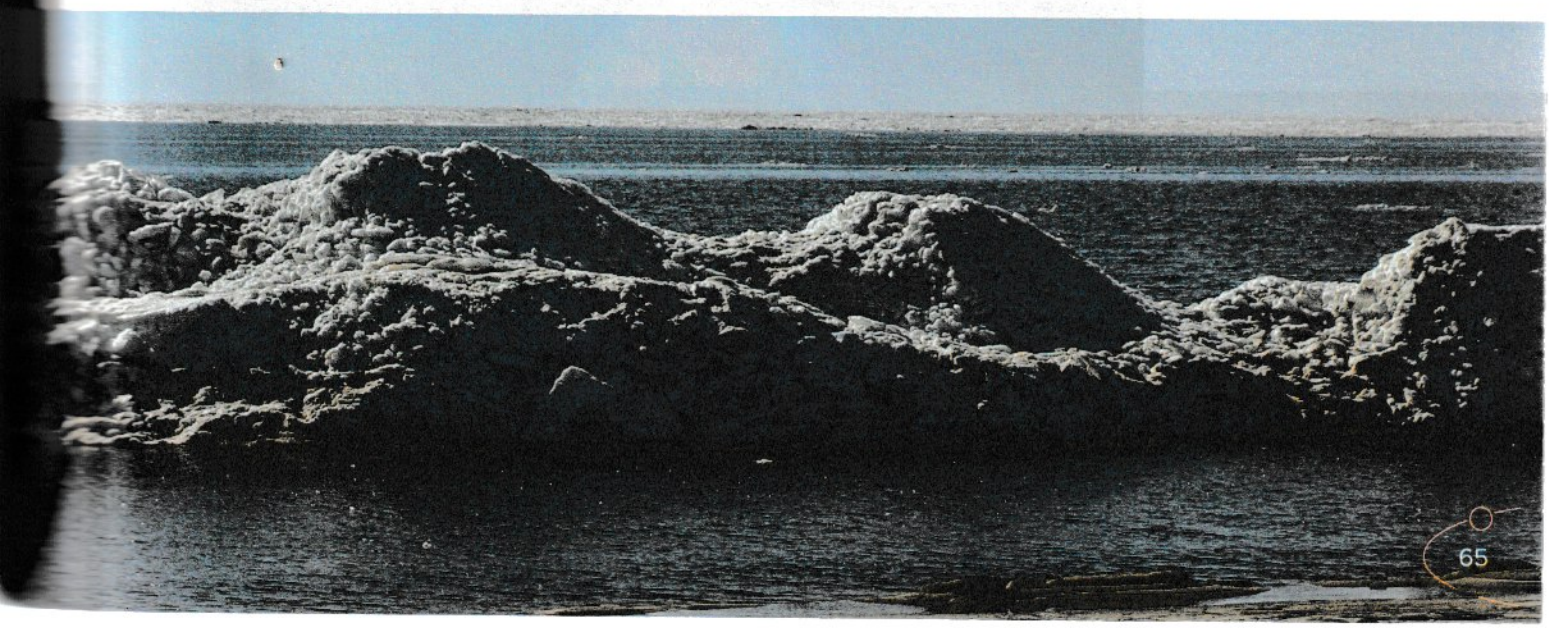
a) Que lei permite estabelecer o balanço energético do sistema?

b) Qual é a variação de energia interna do sistema?

c) Relacione as variações de energia interna do gelo e da água quente.

d) Determine a variação de entalpia mássica de fusão da água e o respetivo erro relativo percentual.

e) Indique, justificando, um fator que possa ter afetado a exatidão do resultado.



QUESTÕES GLOBAIS

Grupo I

A radiação solar é um recurso energético cada vez mais usado, o que contribui para a sustentabilidade do planeta.

1. A radiação permite transferências de energia entre sistemas não isolados. Um sistema não isolado pode

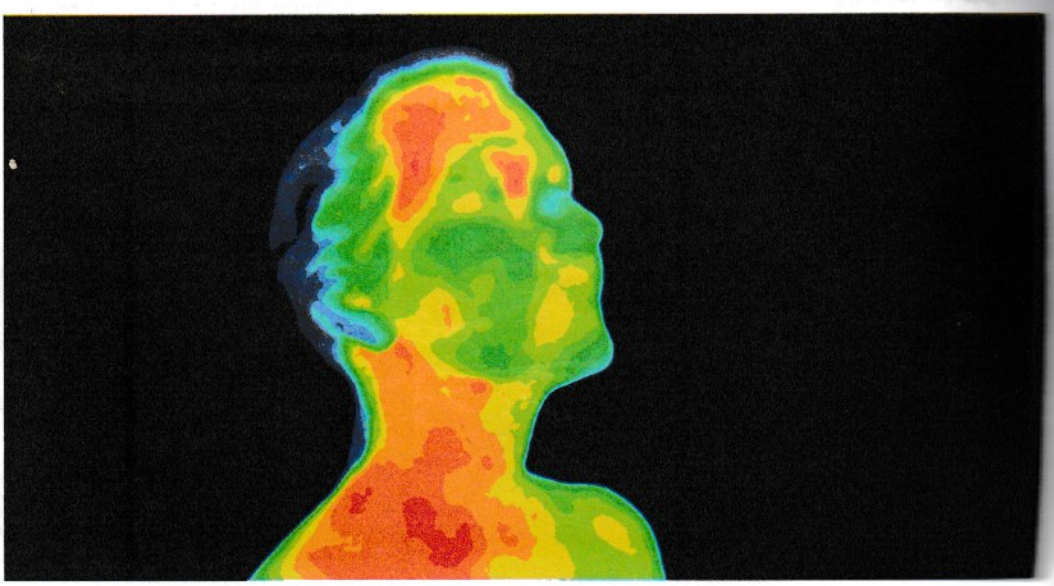
   (A) trocar energia com a vizinhança apenas por trabalho, enquanto a sua energia interna permanece constante.

   (B) manter a sua energia interna, significando que não trocou qualquer energia com a vizinhança.

   (C) diminuir a sua energia interna, se transferir menos energia por trabalho para a vizinhança do que aquela que recebe por calor.

   (D) aumentar a sua energia interna exclusivamente através de trabalho.

2. Todos os corpos emitem radiação. Uma aplicação desta propriedade é o registo de termogramas. Em que se fundamenta a produção destas imagens?



3. Os corpos também absorvem radiação. Uma aplicação desta propriedade é a tecnologia fotovoltaica.

3.1 Um painel é constituído por células fotovoltaicas. Selecione a afirmação correta.

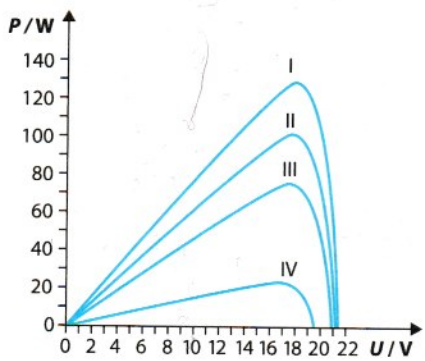
(A) A incidência da radiação numa célula fotovoltaica manifesta-se no aparecimento de uma diferença de potencial nos seus terminais com produção de uma corrente alternada.

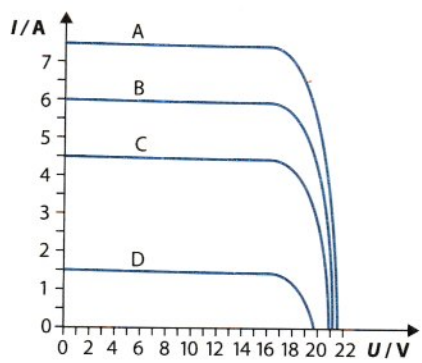
(B) A potência máxima de um painel depende exclusivamente da irradiância no local onde está instalado.

(C) Os painéis fotovoltaicos devem estar orientados perpendicularmente à direção de incidência da radiação solar.

(D) Todos os eletrodomésticos de uma casa podem ser alimentados diretamente por um painel fotovoltaico.

3.2 Os gráficos seguintes referem-se a um painel fotovoltaico. As curvas $P(U)$ e $I(U)$ e foram obtidas para quatro irradiâncias diferentes.





a) Associe as curvas I, II, III e IV às curvas A, B, C e D.

b) Para as quatro irradiâncias, a potência máxima ocorre

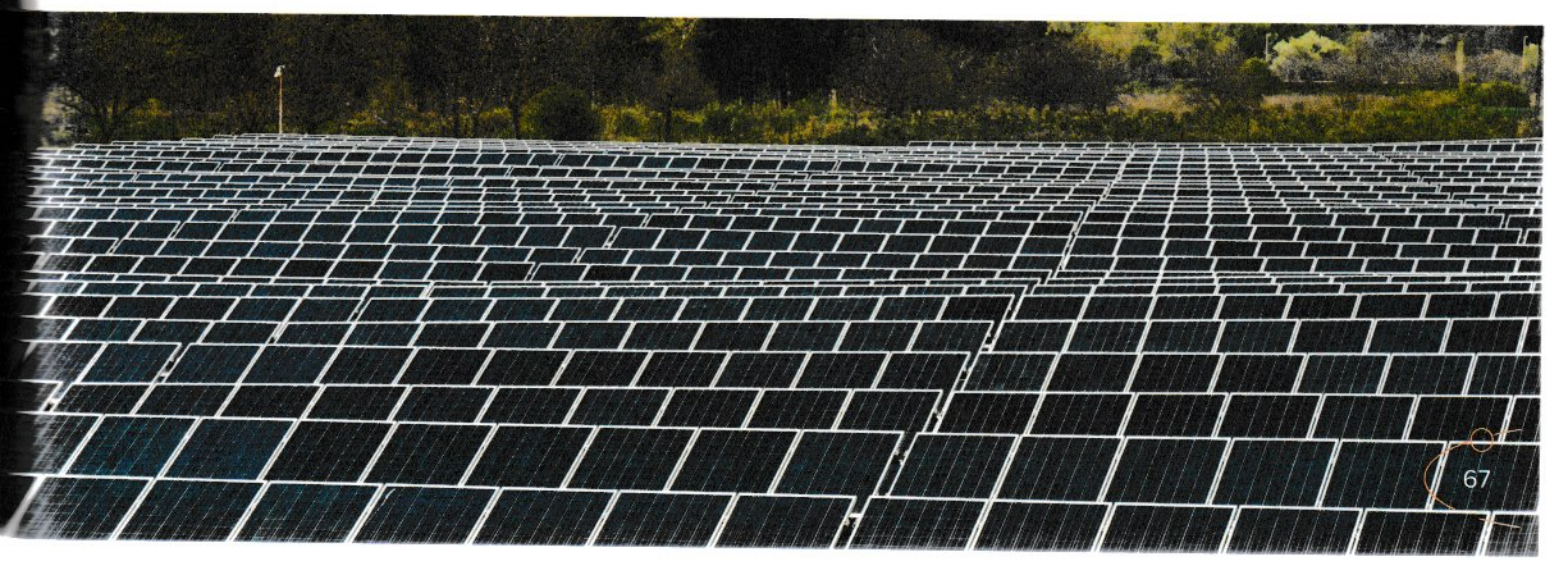
(A) para diferenças de potencial que não diferem mais do que 2 V.

(B) para iguais diferenças de potencial.

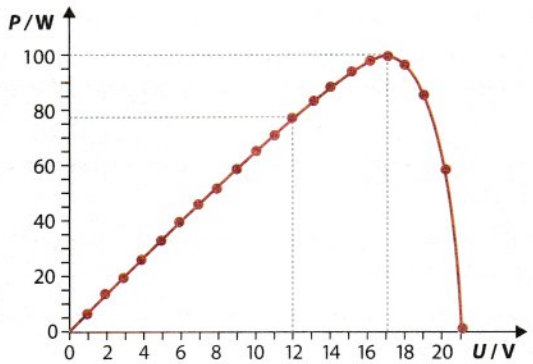
(C) para iguais correntes elétricas.

(D) para correntes elétricas que não diferem mais do que 1 A.

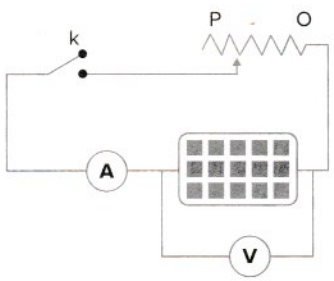
c) Quando se unem os terminais do painel, a diferença de potencial elétrico nos seus terminais é nula e a corrente designa-se por corrente de curto-circuito. Qual é essa corrente quando a irradiância é mínima no painel?



4. O gráfico seguinte foi construído com base no estudo experimental de um painel fotovoltaico.



A figura representa o esquema do circuito utilizado para adquirir dados experimentais quando o painel foi iluminado.



4.1 Indique o nome de um dispositivo que permite variar a resistência do circuito.

4.2 Indique, justificando, que valores, máximos ou mínimos, marcarão o amperímetro e o voltímetro:

a) se o interruptor k estiver aberto;

b) se o cursor do dispositivo de resistência variável estiver na posição O.

4.3 Qual é, percentualmente, a diferença de potencial que maximiza a potência relativamente à diferença de potencial máxima?

4.4 Determine a variação da resistência introduzida no circuito quando a diferença de potencial aumenta de 12 V para 17 V.

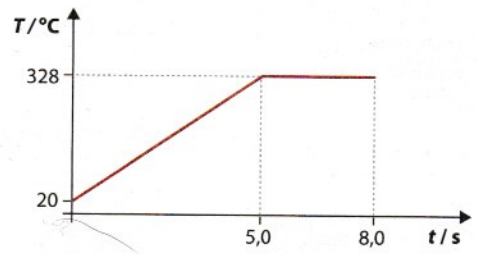
5. Um painel fotovoltaico é colocado num local onde, por hora e por cada metro quadrado, a energia da radiação solar é 0,670 kW h, em média. O painel absorve parte dessa energia, tendo um rendimento de 13%.

5.1 Exprima a irradiância solar naquele local na unidade SI.

5.2 Determine a área de painéis a instalar para satisfazer o consumo energético de uma casa com o gasto diário médio de 25 kW h, admitindo que há, em média, 10 h de sol por dia.

Grupo II

1. Numa atividade laboratorial, aqueceu-se uma amostra de 100 g de uma substância, inicialmente no estado sólido, com uma fonte de aquecimento que fornecia 250 cal por segundo. Admita um rendimento no aquecimento de 80%. O gráfico seguinte representa a temperatura da amostra em função do tempo de aquecimento até ela fundir completamente.
(1 cal = 4,18 J)



1.1 Qual é o ponto de fusão da substância à pressão em foi realizada a experiência?

1.2 Determine:

a) a energia que a amostra recebeu até fundir totalmente, expressa no SI;

b) a capacidade térmica mássica da substância no estado sólido;

c) a variação de entalpia mássica de fusão da substância.

1.3 Deixando de fornecer energia à amostra, ela torna a solidificar. Durante a solidificação a sua temperatura

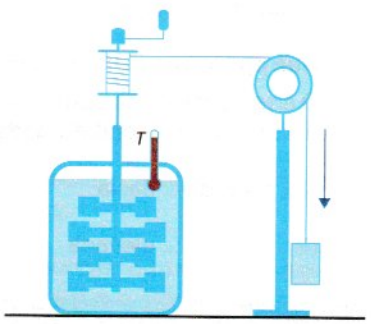
(A) mantém-se constante, assim como a sua energia interna.

(B) diminui, assim como a sua energia interna.

(C) mantém-se constante, diminuindo a energia interna.

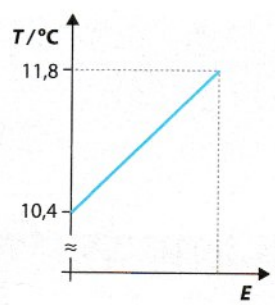
(D) diminui, mantendo-se a sua energia interna.

2. A figura mostra um esquema da famosa experiência de Joule. Suponha que o corpo, de 10 kg de massa, cai 3,0 m. A queda do corpo faz mover as pás que estão dentro de um recipiente onde existem 400 g de água.



Após sucessivas quedas do corpo, a temperatura da água variou, como mostra o gráfico. No decorrer do processo, o recipiente recebeu o dobro da energia da água.

$c_{\text{água líquida}} = 4{,}18 \times 10^{3}\ \text{J kg}^{-1}\ \text{°C}^{-1}$



Determine o número mínimo de quedas do corpo que provoca aquele aumento de temperatura da água, supondo que 10% da energia não é aproveitada no aquecimento do sistema *água + recipiente*.

Grupo III

Em locais muito frios, os lagos podem ficar com a sua superfície gelada. Mas, devido às propriedades físicas especiais da água, esta encontra-se no estado líquido, por baixo das placas de gelo, com temperaturas entre 0 °C e 4 °C, o que permite mais vida aquática. Considere as seguintes propriedades da água:

Condutividade térmica / W K^{-1} m^{-1}	0,6 (água líquida)
	2,2 (gelo)
Capacidade térmica mássica / J kg^{-1} K^{-1}	$4{,}18 \times 10^3$ (água líquida)
	$2{,}10 \times 10^3$ (gelo)
Variação de entalpia mássica de fusão / J kg^{-1}	$3{,}34 \times 10^5$
Variação de entalpia mássica de vaporização / J kg^{-1}	$2{,}25 \times 10^6$
Massa volúmica / kg m^{-3}	$1{,}00 \times 10^3$ (água líquida)
	$9{,}20 \times 10^2$ (gelo)

1. Justifique a seguinte afirmação:

   As energias necessárias para fundir um bloco de 1 kg de gelo fundente e para vaporizar 100 g de água são da mesma ordem de grandeza.

2. Duas camadas idênticas de água líquida e de gelo são aquecidas ao sol. Em qual delas é mais rápida a transferência de energia por condução térmica?

3. Para obter a mesma elevação de temperatura sem mudança de estado físico, uma amostra de água precisa do dobro da energia de um bloco de gelo. Determine a razão entre as massas da água e do gelo.

4. Que opção completa a seguinte frase?

   O arrefecimento da água por baixo das placas de gelo ocorre muito lentamente porque o gelo e a água têm ... condutividade térmica e ... capacidade térmica mássica.

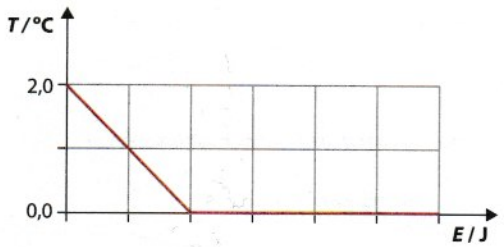
   (A) elevada ... baixa

   (B) elevada ... elevada

   (C) baixa ... baixa

   (D) baixa ... elevada

5. Num dia frio, uma poça com 1,00 L de água arrefece e parte dela congela. O gráfico representa a temperatura da água em função da energia trocada com a vizinhança.



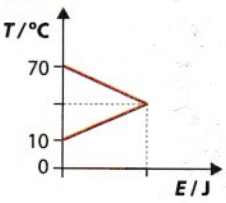
5.1 Determine a massa de água que ficou por congelar.

5.2 Compare a variação de energia interna da água, quando a sua temperatura diminuiu, com a variação de energia interna de 3,72 g de água que vaporiza completamente.

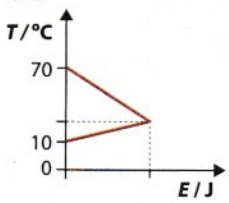
6. Um coletor solar, de 8,0 m^2 de área, está instalado num local onde a irradiância solar é 300 W m^{-2}, servindo para aquecer água. Sendo 68% o rendimento no aquecimento, determine a variação da temperatura de 100 L de água após 4,0 h de exposição solar.

7. Numa garrafa termicamente isolada, com 100 mL de água a 10 °C, é colocado uma peça metálica de 200 g, a 70 °C, cuja capacidade térmica mássica é um décimo da capacidade térmica mássica da água. Considere os seguintes gráficos da temperatura das amostras em função da energia trocada entre elas.

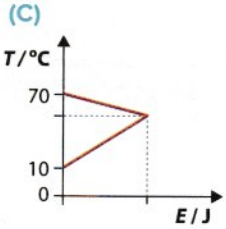
(A)



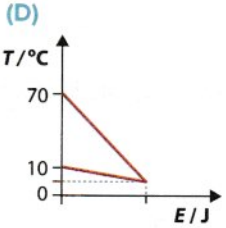
(B)



(C)



(D)



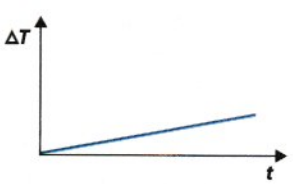
Indique, justificando, qual(uais) dos gráficos não está(ão) de acordo com:

7.1 a Primeira Lei da Termodinâmica;

7.2 a Segunda Lei da Termodinâmica.

8. Aquece-se uma massa de água, m, usando-se uma resistência elétrica, R, ligada a uma fonte de tensão. Suponha que toda a energia é usada no aquecimento.

8.1 O gráfico representa a variação de temperatura, ΔT, em função do tempo de aquecimento, t. Sendo P a potência dissipada na resistência, indique o significado físico do declive da reta.



8.2 No aquecimento de 1,0 L de água (sem mudança de estado físico), fez-se variar a corrente na resistência, variando-se a diferença de potencial na fonte de tensão. Para aquecimentos de 2,0 min, construi-se o gráfico da variação de temperatura, ΔT, em função do quadrado da corrente, I^2, obtendo-se uma reta de equação $\Delta T = 2{,}87\, I^2 + 0{,}0012$, com todas as grandezas nas unidades SI. Determine R.

1.3 Energia, fenómenos térmicos e radiação

No final deste subdomínio já deverá ser capaz de:

- Compreender os processos e os mecanismos de transferências de energia em sistemas termodinâmicos.
- Distinguir, na transferência de energia por calor, a radiação da condução e da convecção.
- Distinguir, na transferência de energia por calor, a radiação da condução e da convecção.
- Explicitar que todos os corpos emitem radiação e que à temperatura ambiente emitem predominantemente no infravermelho, dando exemplos de aplicação.
- Distinguir, na transferência de energia por calor, a radiação da condução e da convecção.
- Aplicar, na resolução de problemas de balanços energéticos, os conceitos de capacidade térmica mássica e de variação de entalpia mássica de transição de fase, descrevendo argumentos e raciocínios, explicando as soluções encontradas.
- Compreender a Primeira Lei da Termodinâmica e enquadrar as descobertas científicas que levaram à sua formulação no contexto histórico, social e político.
- Explicar fenómenos do dia a dia utilizando balanços energéticos.
- Explicitar que os processos que ocorrem espontaneamente na Natureza se dão sempre no sentido da diminuição da energia útil.
- Compreender o rendimento de um processo, interpretando a degradação de energia com base na Segunda Lei da Termodinâmica, analisando a responsabilidade individual e coletiva na utilização sustentável de recursos.
- Investigar, experimentalmente, a influência da irradiância e da diferença de potencial elétrico na potência elétrica fornecida por um painel fotovoltaico, avaliando os procedimentos, interpretando os resultados e comunicando as conclusões.
- Determinar, experimentalmente, a capacidade térmica mássica de um material e a variação de entalpia mássica de fusão do gelo, avaliando os procedimentos, interpretando os resultados e comunicando as conclusões.